



Joana Filipa Antunes Gonçalves

Licenciatura em Ciência de Engenharia e Gestão Industrial

Modelos de gestão de *stocks* para artigos de impermeabilização com reduzida taxa de rotação

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Ana Paula Barroso
Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia

Coorientadora: Professora Doutora Virgínia Helena Machado
Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Helena Maria Lourenço Carvalho Remígio

Arguente(s): Prof. Doutor Nuno Alexandre Correia Martins Cavaco

Vogal(ais): Prof. Doutora Ana Paula Barroso Ferreira Barroso



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

março, 2017

Modelos de gestão de *stocks* para artigos de impermeabilização com reduzida taxa de rotação

Copyright © Joana Filipa Antunes Gonçalves, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer à minha orientadora Professora Doutora Ana Paula Barroso e coorientadora Professora Doutora Virgínia Helena Machado pelas sugestões, disponibilidade e revisões do texto que contribuíram para o desenvolvimento da presente dissertação.

Quero também agradecer ao Eng. Jorge Ramos pela oportunidade que me concedeu. À Doutora Filipa Mota pelo acompanhamento, disponibilidade e conhecimento transmitido que teve ao longo deste projeto. Um obrigado a toda a equipa da Imperial, em especial, à Dora Luz, à Regina Cardoso, à Isabel Mendes e ao António Coelho pelo apoio, amizade e ajuda que me transmitiram.

À Beatriz Palhinha pela ajuda, apoio, e paciência que teve ao longo destes anos, em especialmente nesta reta final. Ao meu namorado Francisco Vaz pela paciência e apoio, que permitiram terminar esta fase.

Finalmente, um especial agradecimento aos meus pais e irmã, pelo carinho, apoio e conselhos que me transmitiram ao longo destes anos.

Um muito obrigado!

Resumo

Atualmente a competitividade entre as empresas e a exigência dos clientes promovem uma gestão da cadeia de abastecimento que tem de ser, cada vez mais, eficaz e eficiente. A gestão de *stocks* é uma atividade logística que se relaciona com a disponibilização do artigo ao cliente, uma preocupação crescente das empresas, uma vez que a venda de um artigo está dependente do nível de acessibilidade ao artigo pelo cliente. Esta atividade, apesar de não acrescentar valor ao artigo, possibilita a redução de custos, pelo que visa a eficiência com a manutenção do nível de serviço ao cliente. Em mais de 90% das empresas que aplicam modelos de gestão de *stocks* é possível obter uma redução de 20% nos custos sem haver redução no nível de serviço prestado (Silver et al., 1998), sendo consequentemente crucial numa gestão que se pretende eficaz e eficiente.

Na presente dissertação são analisados artigos de reduzida taxa de rotação, com uma elevada frequência de procura nula, na empresa Imperialum, distribuída geograficamente por uma sede e quatro delegações. Os artigos que produz e comercializa são categorizados em três famílias, membranas, emulsões e mercadorias, esta última composta por artigos de isolamento térmico e acústico, entre outros.

Neste caso de estudo, a família de artigos em análise é a das membranas, pois apresenta uma faturação elevada comparativamente com as restantes famílias. Tanto na sede como nas quatro delegações esta família apresenta um elevado nível de *stock*. Assim, o objetivo desta dissertação é identificar modelos de gestão de *stocks* e respetivos parâmetros que sejam eficientes, mas que não coloquem em risco o nível de serviço que se pretende prestar ao cliente. A metodologia de abordagem pode ser sintetizada em três fases, nomeadamente i) identificação de modelos de gestão de *stocks* a aplicar aos artigos, ii) simulação dos modelos de gestão de *stocks* durante dois anos e iii) seleção do modelo de gestão de *stocks* a aplicar na sede e em cada delegação.

Verificou-se que o modelo de Silver, Pyke & Peterson é o que apresenta o melhor comportamento para a maioria dos artigos classificados de A de acordo com a análise de Pareto, isto é, permite uma redução dos custos superior a 20% em todas as delegações e na sede, para um nível de serviço de 99%, superior ao requisito da empresa. Nos artigos de classe B, a heurística *Power Approximation* é a que resulta numa redução mais elevada dos custos, também superior a 20%, para níveis de serviço de 95%.

Palavras-chave: Gestão de *stocks*, artigos de reduzida e média taxa de rotação, Modelo de Zipkin, Modelo de Silver, Pyke & Peterson, Heurística *Power Approximation*, Heurística Normal *Approximation*

Abstract

Nowadays, the competitiveness between companies and the market demand promote efficient and effective management. Stock management is one of the logistic activities that does not add value to the article, but it allows the reduction of costs for a certain service level. The management of stocks is directly related to the availability of the article to the final customer, which is a concern for companies. According to the authors Silver, Pyke & Peterson, in more than 90% of the companies that applied stock management models, they obtained a reduction of 20% of the costs, without reducing the level of service. Thus, it is crucial to apply well-behaved stock management models and reduce costs for a given service level.

In this dissertation, articles with low rotation rate, that is articles with a high frequency of zero demand, are revised in Imperialum. Imperialum presents three large families of articles, the family of membranes, emulsions and goods (which include thermal insulation, acoustic insulation, among others). The family of membranes is the family under analysis in this case study, since it has a high percentage of billing compared to the remaining families.

The family of membranes has large quantities of stock in the four delegations and headquarters that make up Imperialum. Thus, the objective of this dissertation is the determination of the models of stock management and the respective parameters that present lower total cost of the articles under analysis in the case of study.

In this case study, three phases are considered: i) determination of stock management models applied to the articles, ii) simulation of stock management models, iii) selection of the stock management model applied at headquarters and in each delegation

After the study, it was possible to conclude that the model of Silver, Pyke & Peterson presents a better behavior, being, in the great majority of articles applied parameters with a service level of 99%. It is possible to verify that with the application of these models the cost reduction is over 20% in all delegations and headquarters.

In Class B articles, the Power Approximation heuristic is the one with the best behavior, that is, it has lower costs in all articles of class B, with a cost reduction of more than 20%. In these articles the parameters of service levels tended to service levels of 95%.

Keywords: Stocks management, products with low rotation, Zipkin Model, Silver, Pyke & Peterson Model, Heuristic Power Approximation, Heuristic Normal Approximation

Índice

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	ENQUADRAMENTO.....	1
1.2	OBJETIVOS	2
1.3	METODOLOGIA	2
1.4	ESTRUTURA.....	3
2	MODELOS DE GESTÃO DE STOCK DE ARTIGOS COM REDUZIDA TAXA DE ROTAÇÃO.....	5
2.1	INTRODUÇÃO.....	5
2.2	GESTÃO DE STOCKS PARA ARTIGOS COM PROCURA ESTOCÁSTICA	6
2.2.1	<i>Classificação dos artigos</i>	<i>7</i>
2.2.2	<i>Revisão Contínua</i>	<i>8</i>
2.2.3	<i>Revisão Periódica</i>	<i>10</i>
2.2.4	<i>Nível de serviço.....</i>	<i>11</i>
2.3	GESTÃO DE STOCK PARA ARTIGOS DE REDUZIDA E MÉDIA ROTAÇÃO	12
2.4	TIPO DE PROCURA	13
2.5	MODELOS DE PREVISÃO DA PROCURA	14
2.5.1	<i>Indicadores de desempenho.....</i>	<i>15</i>
2.5.2	<i>Modelo de Croston.....</i>	<i>15</i>
2.5.3	<i>Modelo de Syntetos & Boylan</i>	<i>16</i>
2.5.4	<i>Outros modelos.....</i>	<i>17</i>
2.6	MODELOS DE GESTÃO DE STOCK PARA ARTIGOS DE REDUZIDA TAXA DE ROTAÇÃO	17
2.6.1	<i>Modelos de Revisão Contínua.....</i>	<i>18</i>
2.6.2	<i>Modelos de Revisão Periódica</i>	<i>21</i>
2.7	SÍNTESE DO CAPÍTULO	24
3	CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO.....	25
3.1	INTRODUÇÃO.....	25
3.2	A EMPRESA IMPERALUM S.A.	25
3.2.1	<i>Clientes e Fornecedores</i>	<i>26</i>
3.2.2	<i>Entidades da Imperialum.....</i>	<i>27</i>
3.2.3	<i>Fluxo de artigos entre a sede e as delegações.....</i>	<i>28</i>

3.3	ARTIGOS	29
3.4	FAMÍLIA DAS MEMBRANAS BETUMINOSAS	30
3.4.1	<i>Análise ABC da família das membranas</i>	30
3.5	ARTIGOS CLASSE A	36
3.5.1	<i>Análise da procura</i>	36
3.5.2	<i>Diagnóstico da situação atual</i>	39
3.6	ARTIGOS CLASSE B	42
3.6.1	<i>Análise da procura</i>	43
3.6.2	<i>Diagnóstico da situação atual</i>	44
3.7	OS CUSTOS NA GESTÃO DE <i>STOCKS</i>	46
3.8	GESTÃO DE <i>STOCKS</i> DOS ARTIGOS DE CLASSE A	48
3.9	SÍNTESE DO CAPÍTULO	48
4	IMPLEMENTAÇÃO DOS MODELOS DE GESTÃO DE <i>STOCKS</i>	51
4.1	INTRODUÇÃO	51
4.2	ARTIGOS DE CLASSE A	53
4.2.1	<i>Fase I</i>	54
4.2.2	<i>Fase II</i>	62
4.2.3	<i>Fase III</i>	70
4.3	CLASSE B	73
4.3.1	<i>Fase I</i>	73
4.3.2	<i>Fase II</i>	77
4.3.3	<i>Fase III</i>	84
4.4	SÍNTESE DO CAPÍTULO	86
5	CONCLUSÃO	87
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	91
	BIBLIOGRAFIA	93
	ANEXOS	95
ANEXO A.	FASE I ARTIGOS CLASSE A	95
ANEXO B.	FASE II ARTIGOS CLASSE A	97
ANEXO C.	FASE III ARTIGOS CLASSE A	100
ANEXO D.	FASE I ARTIGOS CLASSE B	102
ANEXO E.	FASE II ARTIGOS DA CLASSE B	103

ANEXO F.	FASE III ARTIGOS DA CLASSE B	105
----------	------------------------------------	-----

Lista de Figuras

FIGURA 2.1 - POLÍTICA (S,Q).....	9
FIGURA 2.2 - POLÍTICA (S, S).....	10
FIGURA 2.3 - POLÍTICA (R,S)	11
FIGURA 2.4 - CATEGORIZAÇÃO DA PROCURA.....	14
FIGURA 2.5 – PROCURA EM FUNÇÃO DO TEMPO (MESES) DOS TIPOS DE PROCURA.....	14
FIGURA 3.1 - ENTIDADES DA IMPERALUM	27
FIGURA 3.2 - FLUXOS DE INFORMAÇÃO E DE MATERIAL.....	29
FIGURA 3.3 - PERCENTAGEM DE ARTIGOS, POR FAMÍLIAS.....	29
FIGURA 3.4 - PERCENTAGEM DE FATURAÇÃO, POR FAMÍLIAS	30
FIGURA 3.5 - ANÁLISE ABC DOS ARTIGOS DA FAMÍLIA DAS MEMBRANAS NA DELEGAÇÃO NORTE	31
FIGURA 3.6 - ANÁLISE ABC DOS ARTIGOS DA FAMÍLIA DAS MEMBRANAS NA DELEGAÇÃO CENTRO	32
FIGURA 3.7 - ANÁLISE ABC DOS ARTIGOS DAS MEMBRANAS BETUMINOSAS NA DELEGAÇÃO IMPERLIS	33
FIGURA 3.8 - ANÁLISE ABC DA FAMÍLIA DAS MEMBRANAS NA DELEGAÇÃO SUL.....	34
FIGURA 3.9 - ANÁLISE ABC DA FAMÍLIA DAS MEMBRANAS NA SEDE.....	35
FIGURA 3.10 - EVOLUÇÃO DA PROCURA DO ARTIGO 20136 NA DELEGAÇÃO NORTE NOS ANOS 2014 E 2015	37
FIGURA 3.11 - EVOLUÇÃO DA PROCURA DO ARTIGO 20114 NA DELEGAÇÃO NORTE NOS ANOS 2014 E 2015	37
FIGURA 3.12 - PROCURA E NÍVEL DE <i>STOCK</i> DO ARTIGO 20136 NA DELEGAÇÃO NORTE NOS ANOS 2014 E 2015 ...	40
FIGURA 3.13 - PROCURA E NÍVEL DE <i>STOCK</i> DO ARTIGO 20114 NA DELEGAÇÃO NORTE NOS ANOS 2014 E 2015...	40
FIGURA 3.14 - PROCURA DO ARTIGO 20654 NA DELEGAÇÃO CENTRO NOS ANO 2014 E 2015	43
FIGURA 3.15 - PROCURA E NÍVEL DE <i>STOCK</i> DO ARTIGO 20654 NA DELEGAÇÃO CENTRO NOS ANOS 2014 E 2015 .	45
FIGURA 4.1 - FASES DO CASO DE ESTUDO	52
FIGURA 4.2 - METODOLOGIA APLICADA NO CASO DE ESTUDO	53
FIGURA 4.3 - PROCURA DO ARTIGO 20114 DA DELEGAÇÃO NORTE.....	55
FIGURA 4.4 - PROCURA DO ARTIGO 20136 DA DELEGAÇÃO NORTE.....	55
FIGURA 4.5 - PROCURA DO ARTIGO 20114 DA DELEGAÇÃO CENTRO	56
FIGURA 4.6 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO NORMAL DA PROCURA DO ARTIGO 20114 DA DELEGAÇÃO NORTE...	57
FIGURA 4.7 - HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO GAMA DA PROCURA DO ARTIGO 20114 DA DELEGAÇÃO NORTE.....	58
FIGURA 4.8 - PROCURA E PREVISÃO DO MODELO DE CROSTON DA PROCURA DO ARTIGO 20114 DA DELEGAÇÃO NORTE	60
FIGURA 4.9 – PROCURA E PREVISÃO DO MODELO DE SYNTETOS & BOYLAN DA PROCURA DO ARTIGO 20114 DA DELEGAÇÃO NORTE	61
FIGURA 4.10 - PARÂMETROS DO MODELO DE SILVER, PYKE & PETERSON.....	64
FIGURA 4.11 - PROCURA DO ARTIGO 20114 DA SEDE NOS ANOS 2014, 2015 E 2016	72

FIGURA 4.12 - PROCURA DO ARTIGO 20654 DA DELEGAÇÃO IMPERLIS.....	74
FIGURA 4.13 – PROCURA REAL E PREVISÃO APLICANDO O MODELO DE CROSTON AO ARTIGO 20644 DA DELEGAÇÃO IMPERLIS	76
FIGURA 4.14 - PROCURA E PREVISÃO DO MODELO SYNTETOS & BOYLAN AO ARTIGO 20644 DA DELEGAÇÃO IMPERLIS	77
FIGURA C.1 - PROCURA DO ARTIGO 20136 DA SEDE NOS ANOS 2014, 2015 E 2016.....	100
FIGURA C.2 - PROCURA DO ARTIGO 20536 DA SEDE NOS ANOS 2014, 2015 E 2016.....	100
FIGURA C.3 - PROCURA DO ARTIGO 20635 DA SEDE NOS ANOS 2014, 2015 E 2016.....	101
FIGURA C.4 - PROCURA DO ARTIGO 20644 DA SEDE DOS ANOS 2014, 2015 E 2016.....	101
FIGURA C.5 - PROCURA DO ARTIGO 20654 DA SEDE NOS ANOS 2014, 2015 E 2016.....	101
FIGURA F.1 - PROCURA DO ARTIGO 20635 DA DELEGAÇÃO SUL.....	105
FIGURA F.2 - PROCURA DO ARTIGO 20644 DA DELEGAÇÃO SUL.....	105
FIGURA F.3 -PROCURA DO ARTIGO 20654 DA DELEGAÇÃO SUL.....	105

Lista de Tabelas

TABELA 2.1 - MODELOS DE GESTÃO DE <i>STOCKS</i> PARA PROCURA COM ELEVADA FREQUÊNCIA DE PROCURA NULA.....	18
TABELA 3.1- ARTIGOS EM ANÁLISE NA DELEGAÇÃO NORTE.....	31
TABELA 3.2 – ARTIGOS EM ANÁLISE NA DELEGAÇÃO CENTRO.....	32
TABELA 3.3 – ARTIGOS EM ANÁLISE NA DELEGAÇÃO IMPERLIS.....	33
TABELA 3.4 –ARTIGOS EM ANÁLISE NA DELEGAÇÃO SUL.....	34
TABELA 3.5 – ARTIGOS DE CLASSE A NA SEDE.....	35
TABELA 3.6 - ARTIGOS EM ANÁLISE DA CLASSE A NA SEDE.....	36
TABELA 3.7 - EVOLUÇÃO DA PROCURA DOS ARTIGOS 20136 E 20114 NAS DELEGAÇÕES E SEDE NOS ANOS DE 2014 E 2015	38
TABELA 3.8 - PROCURA E NÍVEL DE <i>STOCK</i> DOS ARTIGOS 20136 E 20114 DAS OUTRAS DELEGAÇÕES E SEDE NOS ANOS 2014 E 2015.....	42
TABELA 3.9 - PROCURA DO ARTIGO 20654 NAS DELEGAÇÕES IMPERLIS E SUL NOS ANOS 2014 E 2015	44
TABELA 3.10 - PROCURA E O NÍVEL DE <i>STOCK</i> DO ARTIGO 20654 NAS DELEGAÇÕES IMPERLIS E SUL NOS ANOS 2014 E 2015	46
TABELA 4.1 – CLASSIFICAÇÃO DE ALGUNS ARTIGOS NAS DELEGAÇÕES E SEDE	51
TABELA 4.2 - ARTIGOS DA CLASSE A DAS DELEGAÇÕES E SEDE.....	53
TABELA 4.3 - EXCERTO DO INTERVALO ENTRE PROCURAS DO ARTIGO 20114 DA DELEGAÇÃO NORTE	54
TABELA 4.4 - ADI E CV DOS ARTIGOS 20114 E 20136 DA DELEGAÇÃO NORTE.....	55
TABELA 4.5 - TIPO DE PROCURA DOS ARTIGOS DA CLASSE A DAS DELEGAÇÕES E SEDE.....	56
TABELA 4.6 - ADI E CV ² DO ARTIGO 20114 DA DELEGAÇÃO CENTRO.....	56
TABELA 4.7 - MÉDIA E DESVIO PADRÃO DO ARTIGO 20114 DA DELEGAÇÃO NORTE.....	60
TABELA 4.8 - MODELO DE PREVISÃO DE SYNTETOS & BOYLAN	60
TABELA 4.9 – CUSTO TOTAL SIMULADO COM UM NÍVEL DE SERVIÇO DE 95%.....	62
TABELA 4.10 - PARÂMETROS DO ARTIGO 20114 DA DELEGAÇÃO NORTE	62
TABELA 4.11 – PARÂMETROS ALFA E BETA DA DISTRIBUIÇÃO GAMA DO ARTIGO 20114 DA DELEGAÇÃO NORTE....	63
TABELA 4.12 - FUNÇÕES DO MODELOS ZIPKIN.....	63
TABELA 4.13 - PARÂMETROS DO MODELO ZIPKIN PARA UM NÍVEL DE SERVIÇO DE 95%.....	63
TABELA 4.14 - MEDIDAS DE DESEMPENHO DO MODELO ZIPKIN	64
TABELA 4.15 - PARÂMETROS DO MODELO ZIPKIN PARA NÍVEIS DE SERVIÇO ENTRE 95% E 99%	64
TABELA 4.16 - PARÂMETROS DO MODELO DE SILVER, PYKE & PETERSON COM NÍVEIS DE SERVIÇO ENTRE 95% E 99%.....	65
TABELA 4.17 - SIMULAÇÃO DO MODELO ZIPKIN PARA A GESTÃO DO AO ARTIGO 20114 NA DELEGAÇÃO NORTE COM UM NÍVEL DE SERVIÇO DE 95%	66

TABELA 4.18 - SIMULAÇÃO DO MODELO SILVER, PYKE & PETERSON PARA GESTÃO DO ARTIGO 20114 NA DELEGACÃO NORTE COM UM NÍVEL DE SERVIÇO DE 95%	67
TABELA 4.19 - CUSTO TOTAL DOS MODELOS DE ZIPKIN E SILVER, PYKE & PETERSON COM UM NÍVEL DE SERVIÇO DE 95% DA DELEGACÃO NORTE	67
TABELA 4.20 – CUSTOS RESULTANTE DOS MODELOS DE ZIPKIN E DE SILVER, PYKE & PETERSON PARA O ARTIGO 20114 DA DELEGACÃO NORTE COM NÍVEIS DE SERVIÇO ENTRE 96% E 99%.....	67
TABELA 4.21 - CUSTOS DO MODELO DE ZIPKIN QUANDO APLICADO AO ARTIGO 20114 NA DELEGACÃO NORTE COM NÍVEIS DE SERVIÇO ENTRE 95% E 99%.....	68
TABELA 4.22 - CUSTOS DO MODELO DE SILVER, PYKE & PETERSON QUANDO APLICADO AO ARTIGO 20114 NA DELEGACÃO NORTE COM NÍVEIS DE SERVIÇO ENTRE 95% E 99%	68
TABELA 4.23 – CUSTOS DOS MODELOS E DA GESTÃO DA EMPRESA DOS ANOS 2014 E 2015 PARA O ARTIGO 20114 NA DELEGACÃO NORTE	69
TABELA 4.24 - CUSTOS DOS MODELOS E DA GESTÃO DA EMPRESA DO ANO 2016 PARA O ARTIGO 20114 NA DELEGACÃO NORTE	69
TABELA 4.25 - CUSTOS TOTAIS DOS MODELOS COM MELHOR NÍVEL DE SERVIÇO EM 2014 E 2015 DA DELEGACÃO NORTE.....	70
TABELA 4.26 - CUSTOS TOTAIS DOS MODELOS E DADOS REAIS RELATIVOS A 2016, DA DELEGACÃO NORTE	71
TABELA 4.27 - DIFERENÇA TOTAL DOS ARTIGOS DA CLASSE A DA DELEGACÃO NORTE	71
TABELA 4.28 - DIFERENÇAS PERCENTUAIS ENTRE OS MODELOS DE GESTÃO DE <i>STOCKS</i> E O CUSTO TOTAL REAL DOS ARTIGOS DA CLASSE A EM CADA DELEGACÃO E SEDE.....	72
TABELA 4.29 - MODELOS APLICADOS ÀS DELEGAÇÕES E SEDE DOS ARTIGOS DA CLASSE A	73
TABELA 4.30 - ARTIGOS DA CLASSE B DAS DELEGAÇÕES E SEDE	73
TABELA 4.31 - ADI E CV DO ARTIGO 20654 DA DELEGACÃO IMPERLIS.....	74
TABELA 4.32 - TIPO DE PROCURA AOS ARTIGOS DA CLASSE B	75
TABELA 4.33 - MÉDIA E DESVIO PADRÃO DO MODELO DE CROSTON AO ARTIGO 20644 NA DELEGACÃO IMPERLIS 75	
TABELA 4.34 - MÉDIA E DESVIO PADRÃO DO MODELO DE SYNTETOS & BOYLAN AO ARTIGO 20644 NA DELEGACÃO IMPERLIS	76
TABELA 4.35 - CUSTO TOTAL DAS HEURÍSTICAS E DADOS REAIS COM AMBOS OS MODELOS DE PREVISÃO COM UM NÍVEL DE SERVIÇO DE 95%	77
TABELA 4.36 - PARÂMETROS DA HEURÍSTICA <i>POWER APPROXIMATION</i> COM UM NÍVEL DE SERVIÇO DE 95% DO ARTIGO 20644 NA DELEGACÃO IMPERLIS.....	78
TABELA 4.37 - PARÂMETROS DA HEURÍSTICA <i>POWER APPROXIMATION</i> PARA NÍVEIS DE SERVIÇO ENTRE 95% E 99% DO ARTIGO 20644 DA DELEGACÃO IMPERLIS.....	79
TABELA 4.38 - VARIÁVEIS DA HEURÍSTICA <i>POWER APPROXIMATION</i> DO ARTIGO 20644 DA DELEGACÃO IMPERLIS..	79
TABELA 4.39 - PARÂMETROS DA HEURÍSTICA <i>NORMAL APPROXIMATION</i> PARA NÍVEIS DE SERVIÇO ENTRE 95% E 99% DO ARTIGO 20644 NA DELEGACÃO IMPERLIS.....	79
TABELA 4.40 - VARIÁVEIS DA HEURÍSTICA <i>NORMAL APPROXIMATION</i> PARA NÍVEIS DE SERVIÇO ENTRE 95% E 99% DO ARTIGO 20644 NA DELEGACÃO IMPERLIS.....	80

TABELA 4.41 - SIMULAÇÃO DA HEURÍSTICA <i>POWER APPROXIMATION</i> COM UM NÍVEL DE SERVIÇO DE 95% AO ARTIGO 20644 DA DELEGAÇÃO IMPERLIS	81
TABELA 4.42 - COMPORTAMENTO DA HEURÍSTICA <i>POWER APPROXIMATION</i> NO ARTIGO 20644 DA DELEGAÇÃO IMPERLIS COM UM NÍVEL DE SERVIÇO DE 95%	81
TABELA 4.43 - SIMULAÇÃO DA HEURÍSTICA DE <i>NORMAL APPROXIMATION</i> AO ARTIGO 20644 NA DELEGAÇÃO IMPERLIS	82
TABELA 4.44 - COMPORTAMENTO DA HEURÍSTICA <i>NORMAL APPROXIMATION</i> DO ARTIGO 20644 NA DELEGAÇÃO IMPERLIS	82
TABELA 4.45 - CUSTO TOTAL DAS HEURÍSTICAS APLICADAS AO ARTIGO 20644 DA DELEGAÇÃO IMPERLIS	82
TABELA 4.46 - CUSTOS TOTAIS DAS HEURÍSTICAS NOS ANOS 2014 E 2015 DO ARTIGO 20644 NA DELEGAÇÃO IMPERLIS COM UM NÍVEL DE SERVIÇO DE 95%	83
TABELA 4.47 - CUSTOS TOTAIS DAS HEURÍSTICAS E DOS DADOS REAIS DE 2016 AO ARTIGO 20644 NA DELEGAÇÃO IMPERLIS	84
TABELA 4.48 - CUSTOS TOTAIS DAS HEURÍSTICAS E DOS DADOS REAIS DA DELEGAÇÃO IMPERLIS	84
TABELA 4.49 – SOMATÓRIO DA DIFERENÇA TOTAL DAS HEURÍSTICAS DOS ARTIGOS DA CLASSE B DA DELEGAÇÃO IMPERLIS	84
TABELA 4.50 - PERCENTAGEM DA DIFERENÇA TOTAL ENTRE AS HEURÍSTICAS E O CUSTO TOTAL DOS ARTIGOS DE CLASSE B DAS DELEGAÇÕES	85
TABELA 4.51 - MODELOS APLICADOS AOS ARTIGOS DA CLASSE B POR DELEGAÇÃO	85
TABELA 5.1 – MODELOS E RESPECTIVOS PARÂMETROS A APLICAR NAS DELEGAÇÕES E NA SEDE PARA A GESTÃO DOS ARTIGOS DE CLASSE A	89
TABELA 5.2 – HEURÍSTICA <i>POWER APPROXIMATION</i> E RESPECTIVOS PARÂMETROS A APLICAR A ARTIGOS DA CLASSE B	91
TABELA A.1 - ADI E CV^2 DOS ARTIGOS DAS DELEGAÇÕES E SEDE	95
TABELA A.2 - PREVISÃO DE CROSTON AO ARTIGO 20114 DA DELEGAÇÃO NORTE	95
TABELA A.3 - MODELO DE SYNTETOS & BOYLAN AO ARTIGO 20114 DA DELEGAÇÃO NORTE	96
TABELA B.1 - PARÂMETROS DOS ARTIGOS DA CLASSE DO MODELO ZIPKIN	97
TABELA B.2 - PARÂMETROS DOS ARTIGOS DA CLASSE DO MODELO SILVER, PYKE & PETERSON	98
TABELA B.3 - CUSTOS TOTAIS DOS MODELOS DE GESTÃO STOCK COM NÍVEIS DE SERVIÇO ENTRE 95% E 99% DOS ARTIGO 20136, 20536 E 20635 DA DELEGAÇÃO NORTE	99
TABELA B.4 - MODELOS QUE APRESENTAM O MENOR CUSTO DOS ARTIGOS DA CLASSE A	100
TABELA D.1 - ADI E CV^2 DOS ARTIGOS DA CLASSE B	102
TABELA D.2 - MODELO DE CROSTON DO ARTIGO 20644 DA DELEGAÇÃO IMPERLIS	102
TABELA D.3 - MODELO DE SYNTETOS & BOYLAN DO ARTIGO 20644 DA DELEGAÇÃO IMPERLIS	103
TABELA E.1 - PARÂMETROS DA HEURÍSTICA <i>POWER APPROXIMATION</i> DOS ARTIGOS DA CLASSE B	103
TABELA E.2 - PARÂMETROS DA HEURÍSTICA <i>NORMAL</i> DOS ARTIGOS DA CLASSE B	104
TABELA E.3 - CUSTOS TOTAIS DA DELEGAÇÃO SUL DOS ARTIGOS 20635 E 20644	104
TABELA E.4 - MODELOS COM MENOR CUSTO TOTAL PARA OS ARTIGOS DA CLASSE B	105

Lista de Abreviaturas

ADI	- <i>Average demand interval</i>
b	- Custo de rotura
Ca	- Custo de encomenda
CM	- Modelo de Croston
CSL	- <i>Cycle service level</i>
Cv	- Coeficiente de variação
Cv ²	- Coeficiente de variação ao quadrado
D	- Procura anual
Dist.Gama	- Distribuição Gama aplicada no <i>Microsoft Excel</i>
EAM	- Erro absoluto médio
EQM	- Erro quadrático médio
ES	- <i>Expected shortage</i>
F°(s)	- Função distribuição acumulada
F ¹ (s)	- Função perda de primeiro grau
F ² (s)	- Função perda de segundo grau
fr	- <i>Fill rate</i>
h	- Custo de posse
L	- Prazo de entrega
ln	- <i>Standard Normal loss Function</i>
n	- Dimensão da procura
N	- Distribuição Normal padrão acumulada
Po	- Probabilidade da procura ser nula
Q	- Quantidade a encomendar
QEE	- Quantidade económica de encomenda
s	- Ponto de encomenda
S	- Nível máximo de <i>stock</i>
S&B	- Modelo de Syntetos & Boylan
T	- Período entre revisões
U	- <i>Undershoot</i>

α	-	Nível de significância
α_G	-	Parâmetros alfa da distribuição Gama
β_G	-	Parâmetro beta da distribuição Gama
μ	-	Média da procura
μ^+	-	Média da procura não nula
μ_L	-	Média da procura durante o prazo de entrega
μ_L^+	-	Média da procura não nula durante o prazo de entrega
μ_{L+T}	-	Média da procura durante o prazo de entrega mais o período entre revisões
ω	-	Constante de alisamento
ϕ	-	Função densidade de probabilidade
π	-	Probabilidade de ocorrer procura
π_L	-	Probabilidade de ocorrer procura durante o prazo de entrega
ψ	-	Distribuição Normal padrão acumulada
\hat{p}_t	-	Previsão do intervalo entre procuras no instante t
σ	-	Desvio padrão da procura
σ^2	-	Variância da procura
σ^+	-	Desvio padrão da procura não nula
σ_L	-	Desvio padrão da procura durante o prazo de entrega
σ_L^2	-	Variância da procura durante o prazo de entrega
σ_L^+	-	Desvio padrão da procura não nula durante o prazo de entrega
σ_{L+T}	-	Desvio padrão da procura durante o prazo de entrega mais o período entre revisões
y_t	-	Procura no instante t
\hat{y}_t	-	Previsão da procura no instante t
\hat{z}_t	-	Valor da procura no instante t
z_S	-	Variável da distribuição Normal padrão

1 Introdução

No presente capítulo aborda-se o enquadramento da dissertação, os objetivos que se pretendem alcançar, assim como as metodologias aplicadas no seu desenvolvimento. Por fim, é apresentada a estrutura geral da dissertação para se obter uma melhor compreensão do seu conteúdo.

1.1 Enquadramento

Atualmente existe uma maior competitividade e exigência do mercado, sendo necessário cada vez mais uma gestão eficaz e eficiente. Assim, é crucial um melhor desempenho das atividades logísticas, nomeadamente a gestão de *stocks*. A gestão de *stocks* está diretamente relacionada com a disponibilização do artigo ao cliente final, sendo esta uma preocupação para as empresas. A satisfação do cliente e o controlo da quantidade do artigo necessária em armazém é obtida através de modelos de gestão de *stocks*.

Os modelos de gestão de *stocks* podem ser determinísticos ou estocásticos. Nos modelos determinísticos a procura é aproximadamente constante, por outro lado, nos modelos estocásticos a procura apresenta variabilidade, sendo por isso, normalmente, necessário um *stock* de segurança. Aos artigos de classe A é aplicada, normalmente, uma revisão contínua e aos artigos de classe B e C uma revisão periódica.

Os modelos de gestão de *stocks* mais conhecidos não devem ser aplicados a artigos de reduzida ou média rotação, uma vez que, estes apresentam elevada frequência de procura nula. Caso estes modelos fossem aplicados poderia gerar resultados negativos. Assim, houve a necessidade de utilizar modelos de gestão de *stocks* mais adequados a este tipo de artigos, tais como, o modelo de Zipkin, o modelo de Silver, Pyke & Peterson, a heurística *Power Approximation*, *Normal Approximation*, entre outros.

A empresa Imperialum é constituída por quatro delegações localizadas em Pedroso, Coimbra, Odivelas e Olhão, denominadas, respetivamente, por delegações Norte, Centro, Imperlis e Sul. Para além das delegações, existe a sede localizada no Montijo onde existe a fábrica e um armazém. A empresa produz e comercializa artigos da área de construção civil. Os artigos podem ser organizados em três famílias: membranas betuminosas, emulsões e mercadorias. As membranas betuminosas e a emulsão permitem a formação de uma camada impermeabilizadora em lajes e coberturas para a construção de imóveis. A família das mercadorias envolve artigos de isolamento térmico, acústico, entre outros, de modo a tornar as habitações mais acolhedoras. A família de artigos que apresenta maior volume de vendas é a das membranas betuminosas sendo, por isso, a família analisada com detalhe no caso de estudo. A família das membranas betuminosas apresenta artigos de pequena a média rotação, sendo necessário aplicar os

modelos de gestão de *stocks* identificados anteriormente, de modo, a determinar as quantidades que devem existir em *stock* que conduzem a custos mais reduzidos. Para isso, é fulcral a determinação da procura, do prazo de entrega, do período entre revisões, das quantidades encomendadas, dos custos de posse, rotura e encomenda, entre outros.

1.2 Objetivos

Esta dissertação tem como principal objetivo a determinação dos modelos de gestão de *stocks* que promovem um custo total reduzido em cada delegação e sede aos artigos de classe A e B, de modo, a conhecer os parâmetros dos modelos de gestão de *stocks* dos artigos. De modo, a conhecer as quantidades necessárias em armazém e promovendo a satisfação do cliente.

1.3 Metodologia

A presente dissertação foi realizada considerando a seguinte metodologia:

- Foi necessário conhecer os diferentes departamentos da empresa, tais como, os departamentos de produção, armazenagem, expedição, entre outros, de modo a permitir uma integração do tema com as necessidades da empresa;
- Realizou-se a análise ABC aos artigos da família das membranas betuminosas, de modo a determinar quais os artigos que têm uma maior importância no negócio da empresa Imperialum;
- Realizou-se a análise da procura e o diagnóstico da situação atual aos artigos da classe A e B;
- Identificou-se os artigos no que diz respeito à procura, nomeadamente, quantidades e intervalo entre procuras.
- Realizou-se a pesquisa bibliográfica no âmbito de modelos de gestão de *stocks* para o tipo de procura identificadas nos artigos da Imperialum, errática e irregular;
- Foram selecionados os modelos de gestão de *stocks* mais adequados a aplicar;
- Foram determinados os custos de posse, de encomenda e de rotura, para a determinação dos parâmetros dos modelos de gestão de *stocks*;
- Para cada artigo foram aplicadas três fases. A fase I diz respeito à identificação do tipo de procura, ao ajustamento a uma distribuição probabilística, à identificação das restrições dos modelos de gestão de *stocks* e aos modelos de previsão, com o objetivo de determinar quais se adaptavam melhor às características da procura dos artigos.
- A fase II corresponde à determinação dos parâmetros dos modelos de gestão de *stocks*, simulação dos artigos nos anos 2014 e 2015, determinação dos níveis de serviço dos modelos de gestão de *stocks* que apresentam custos totais mais reduzidos e a simulação dos artigos do ano 2016;
- Por fim, na fase III é identificado o modelo de gestão de *stocks* a aplicar aos artigos selecionados das respetivas delegações e sede.

1.4 Estrutura

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos, apresentados da seguinte forma:

No capítulo 1, Introdução, é realizado o enquadramento da dissertação no que diz respeito ao tema do caso de estudo, são apresentados os objetivos a atingir, e a metodologia utilizada.

No capítulo 2, Modelos de gestão de *stocks* de artigos com reduzida taxa de rotação de *stocks*, corresponde à revisão bibliográfica no que concerne aos modelos de gestão de *stocks* de artigos com comportamento específico relativamente à sua procura. São descritos os fundamentos teóricos para a aplicação dos modelos, nomeadamente, tipo de procura e modelos de previsão da procura mais usados. Por fim, são descritos os modelos de gestão de *stocks* mais utilizados neste âmbito.

O capítulo 3, Caracterização do caso de estudo, faz uma breve caracterização da empresa Imperialum, nomeadamente no que diz respeito aos clientes, delegações, sede e fornecedores. Para além disso, são caracterizados os artigos e apresentadas análises realizadas de alguns deles para mostrar o comportamento da procura. É realizada, ainda, uma análise ABC que permite tipificar os artigos em 3 classes, A, B, e C.

No capítulo 4, Implementação dos modelos de gestão de *stocks*, é proposta uma metodologia, constituída por 3 fases, para a implementação dos modelos de gestão de *stocks* aos artigos das classes A e B, identificados no capítulo de caracterização do caso de estudo. Para cada artigo, em termos globais, é realizada a análise da procura, a simulação da aplicação dos diversos modelos de gestão de *stocks* nos horizontes temporais de 2014-2015 e uma parte de 2016. Permitindo a seleção do modelo de gestão de *stocks* mais adequado a aplicar na sede e em cada delegação, sendo feita uma análise comparativa com a situação atual.

Por último, no capítulo 5 são apresentadas as conclusões dos estudos realizados e algumas sugestões.

2 Modelos de gestão de *stock* de artigos com reduzida taxa de rotação

Este capítulo aborda os fundamentos teóricos necessários ao desenvolvimento desta dissertação que direta ou indiretamente estão relacionados com a gestão de *stocks*. Nomeadamente, tipos de procura, modelos de previsão da procura e modelos de gestão de *stocks*.

2.1 Introdução

Atualmente, devido à crescente competitividade e exigência do mercado, existe a necessidade de um melhor desempenho das atividades logísticas, tais como, a gestão de frota, a gestão de *stocks*, entre outras, tendo como objetivo a criação de valor para o cliente. Para que as empresas melhorem o seu desempenho é essencial considerar a gestão da cadeia de abastecimento como um todo, ao contrário de uma gestão focada internamente. Por outro lado, a concorrência e a situação económica, promovem atualmente uma atenção mais cuidada na gestão da cadeia de abastecimento.

A logística ou gestão logística, está englobada na gestão da cadeia de abastecimento “que é responsável por planear, implementar e controlar de um modo eficiente e eficaz o fluxo direto e inverso e as operações de armazenagem, serviços e informação” desde o ponto de origem até ao cliente final (Carvalho *et al.*, 2012). Assim, garantir a disponibilização do artigo ao cliente final, é a maior preocupação para as empresas. Esta preocupação está diretamente relacionada com a gestão de *stocks*. Geralmente é necessário constituir um *stock* devido à não concordância entre o abastecimento e o consumo do artigo ao longo do tempo, uma vez que existe um desfasamento temporal entre a produção ou abastecimento e o consumo. A existência de *stock* torna o processo de consumo independente do processo de abastecimento ou produção e, para além disso, possibilita ter desconto de quantidades e compras económicas (Carvalho *et al.*, 2012).

A gestão de *stocks* não acrescenta valor ao artigo, mas permite reduzir os custos para um determinado nível de serviço, isto é, torna a gestão da cadeia de abastecimento mais eficiente (Carvalho *et al.*, 2012). A gestão de *stocks* é reconhecida como uma das funções mais importantes para as empresas industriais e comerciais, tendo normalmente, impacto na sua performance global.

Os departamentos de compras, produção, vendas, entre outros estão envolvidos na gestão de *stocks*. O gestor de compras pretende encomendar grandes quantidades de matérias-primas, para obter desconto de quantidades. O gestor de produção, por outro lado, pretende produzir sem paragens e evitar produzir lotes de quantidades reduzidas e consumir tempo de *set-up*, pelo que, quer ter quantidades de matérias-primas suficientes. O gestor de vendas, para satisfazer

todos os seus clientes, pretende ter uma grande quantidade de *stock*, para satisfazer a variabilidade da procura de cada artigo (Axsater, 2010). Assim, é necessário o *trade-off* entre o custo de posse e o nível de serviço, sendo essencial o equilíbrio e trocas entre eles. Ou seja, por um lado, baixo custo de posse, por outro, elevado nível de serviço. A solução pretendida é uma política de gestão de *stocks* que garanta um nível de serviço satisfatório, não sendo necessário quantidades elevadas de *stock* em armazém (Nenes, Panagiotidou, & Tagaras, 2010).

As incertezas da procura, a variabilidade de entrega das quantidades dos fornecedores e as necessidades dos gestores promovem a existência de *stock* de segurança (Axsater, 2010). O *stock* de segurança é a quantidade existente para satisfazer a procura que excede a quantidade prevista num determinado período (Chopra & Meindl, 2001)

Segundo Silver, Pyke e Peterson (1998), mais de 90% das empresas que implementaram melhorias na gestão de *stocks*, obtiveram uma redução de 20% no custo sem o nível de serviço ter sido reduzido.

2.2 Gestão de *stocks* para artigos com procura estocástica

Os modelos de gestão de *stocks* podem dividir-se em determinísticos e estocásticos dependendo essencialmente das características da procura. Os modelos determinísticos aparentam ser irrealista, uma vez que é necessário considerar que a procura é conhecida e constante. Um dos modelos determinísticos mais conhecidos é o modelo da quantidade económica (Axsater, 2010).

Os modelos estocásticos aplicam-se quando a procura é aleatória podendo a revisão do *stock* ser contínua ou periódica. Estes modelos são mais complexos do que os modelos determinísticos, podendo haver a possibilidade de rotura de *stock*, ou seja, a quantidade em *stock* não ser suficiente para satisfazer a procura (Silver, Pyke, & Peterson 1998). Para lidar com a incerteza, sobretudo da procura, é necessário constituir um *stock* de segurança para absorver as variações da procura superiores aos valores médios registados. Quanto maior é o *stock* de segurança, maior é a probabilidade de atenuar variações improváveis, no entanto, existe a probabilidade de não conseguir, incorrendo-se numa rotura de *stock* (Carvalho *et al.*, 2012). Nestas circunstâncias o nível de serviço diminui.

O nível de serviço é a probabilidade de a empresa ter disponível a quantidade referente à procura no momento pretendido, quando se considera um determinado do nível de serviço, também se está a estabelecer uma determinada probabilidade de rotura. Por exemplo, para um nível de serviço de 95%, a probabilidade de não satisfazer as encomendas é de 5%. O *stock* de segurança depende do nível de serviço estabelecido, quanto menor for a percentagem de probabilidade de rotura, maior será o *stock* de segurança a constituir (Carvalho *et al.*, 2012).

Os custos normalmente associados à gestão de *stocks* são os custos de posse, encomenda e rotura. O custo de posse corresponde aos recursos financeiros que são investidos durante a permanência dos artigos em armazém, o que inclui os custos da instalação, de equipamentos,

de seguros, entre outros. O custo de posse depende de todos os custos que variam com a quantidade de *stock* (custos variáveis), pelo que é independente e, por isso, não inclui, os custos fixos.

O custo de encomenda, por outro lado, está associado ao custo de colocar uma encomenda de artigos ao fornecedor, o qual inclui o custo associado ao tempo despendido pelos funcionários para realizar a tarefa, o custo do transporte caso seja suportado pela empresa, entre outros. Caso não haja descontos de quantidade, o custo de encomenda não depende da quantidade encomendada (Carvalho *et al.*, 2012; Porras & Dekker, 2008).

O custo de rotura existe quando um artigo não se encontra disponível no momento pretendido pelo cliente. Existem situações em que fica acordado com o cliente a entrega da encomenda numa data posterior sem haver penalizações devido ao atraso no cumprimento da encomenda, mas existem outras situações em que o cliente pode ser perdido, pois não está na disposição de esperar pela encomenda e escolhe um fornecedor concorrente. Normalmente este custo é difícil de estimar, uma vez que engloba muitas variáveis a considerar (Axsater, 2010).

O principal objetivo dos modelos de gestão de *stocks* é poder responder às seguintes questões:

1. Quando encomendar?
2. Que quantidade encomendar?

A primeira questão está relacionada com o *trade-off* entre o custo de encomenda e os custos, implícitos ou explícitos, de obter um nível de serviço adequado. Quanto à segunda questão, depende do tipo de revisão, contínua ou periódica. Quando se trata de uma revisão contínua, normalmente a quantidade a encomendar corresponde à quantidade económica de encomenda. Por outro lado, na revisão periódica, a quantidade a encomendar vai variar com o ciclo de encomenda (intervalo de tempo desde o momento em que o cliente coloca uma encomenda até ao momento em que recebe a encomenda). Para ambos os tipos de revisão é necessário a utilização de recursos computacionais (Carvalho *et al.*, 2012; Silver *et al.*, 1998).

No caso de estudo a procura dos artigos é aleatória, sendo assim, os modelos a serem analisados neste capítulo são os estocásticos. Existem dois tipos de revisões base no modelo estocástico: o modelo de revisão contínua e o modelo de revisão periódica.

2.2.1 Classificação dos artigos

Os gestores devem avaliar quão crítico é o artigo para a empresa, por exemplo, qual é a representatividade do artigo no valor total de vendas (Silver *et al.*, 1998). Uma vez que nem todos os artigos têm o mesmo grau de importância, devem ser geridas de maneira diferente, podendo ser aplicadas diferentes políticas de gestão. A análise ABC permite classificar um conjunto de artigos em três classes: classe A, classe B e classe C (Carvalho *et al.*, 2012). Este método é fácil de usar e de simples compreensão (Ramanathan, 2006), sendo um dos métodos mais utilizados nas empresas, baseado no princípio de Pareto.

Segundo a lei de Pareto, a classe A, constituída pelos artigos mais importantes, compreende cerca de 20% dos artigos, que são responsáveis por aproximadamente 80% da faturação total. Os que representam uma relevância intermédia pertencem à classe B, agrupando cerca de 30% dos artigos que representam cerca de 15% da faturação total. Por último, estão classificados na classe C cerca de 50% dos artigos que dizem respeito a aproximadamente 5% da faturação total (Carvalho *et al.*, 2012).

No caso dos artigos mais importantes, os de classe A, devem ser implementados níveis de serviço elevados pelo que devem ser aplicados modelos de revisão contínua, uma vez que estes modelos permitem uma monitorização constante do *stock*. Os parâmetros deste tipo de modelos devem ser revistos frequentemente (Carvalho *et al.*, 2012).

Os artigos de classe C são os de menor importância, ou seja, não têm relevância financeira tão elevada quanto os de classe A, pelo que, normalmente são aplicados modelos de revisão periódica. Tanto o modelo de revisão periódica, como o modelo de revisão contínua podem ser aplicados a artigos de classe B, uma vez que estes têm importância intermédia (Carvalho *et al.*, 2012).

Apesar da análise ABC ser uma ferramenta simples, versátil e muito útil na classificação dos artigos a sua aplicabilidade não é a mais adequada quando os artigos são heterogéneos, isto é, têm características diferentes. As ferramentas aplicadas a este tipo de artigos, podem ser a análise ABC multicritério, o processo hierárquico analítico (AHP), entre outros (Ramanathan, 2006).

2.2.2 Revisão Contínua

Nos modelos de revisão contínua o nível do *stock* é controlado constantemente. Esta revisão contínua é essencial, pois deve ser colocada uma encomenda quando o nível de *stock* atinge o ponto de encomenda. Se a encomenda não for colocada no momento em que o nível de *stock* atinge o ponto de encomenda, então aumenta o risco de rotura de *stock*. Na prática, o constante controlo do *stock* não é aplicado, normalmente o nível de *stock* é atualizado após cada transação (receção, transporte, entre outros), sendo automaticamente registado o nível de *stock* do artigo. Este tipo de controle é denominado *transaction reporting* (Carvalho *et al.*, 2012; Silver *et al.*, 1998).

A grande vantagem da utilização da revisão contínua é a possibilidade de obter o mesmo nível de serviço com menor quantidade de *stock* de segurança e consequentemente menor custo de posse. A desvantagem deste tipo de revisão é o facto de ser normalmente mais dispendiosa, devido aos custos de revisão de *stock*, especialmente nos artigos de elevada rotação, porque efetuam-se muitas transações por unidade de tempo (Silver *et al.*, 1998). A taxa de rotação indica a velocidade de venda dos artigos em armazém, ou seja, traduz o número de vezes que o *stock* médio se renova num ano (Equação 1). Quanto mais elevada a taxa de rotação melhor é a gestão de *stocks* na empresa.

$$\text{Taxa de rotação} = \frac{\text{Valor da procura total (€)}}{\text{Stock médio (€)}} \quad (1)$$

A política (s, Q) é uma política de revisão contínua e geralmente atribuída a artigos da classe B, uma vez que não é necessário tanto esforço computacional. A política (s, S), por outro lado, é aplicada geralmente aos artigos mais importantes, os de classe A. (Silver *et al.*, 1998).

Na **política (s, Q)** a quantidade a encomendar é fixa (Q), mas a procura e o período entre encomendas são variáveis aleatórias, logo, ocorre uma maior probabilidade de rotura no caso de a procura durante o prazo de entrega ser superior ao ponto de encomenda (Figura 2.1) (Carvalho *et al.*, 2012; Silver *et al.*, 1998). O prazo de entrega (L) pode ser variável porque o intervalo de tempo entre o momento em que é colocada uma encomenda até à sua disponibilidade em armazém, depende do tempo de entrega dos fornecedores ou do transporte do artigo entre armazéns da própria empresa (Axsater, 2010). O comportamento da procura ao longo do tempo é variável, logo o período entre encomendas não é constante.

Na política (s, Q), Figura 2.1, é colocada uma encomenda quando o nível de *stock* existente atinge o ponto de encomenda (s). A simplicidade desta política é uma vantagem, o que reduz a probabilidade de ocorrência de erros por parte dos funcionários. Para além disso, as quantidades encomendadas aos fornecedores são conhecidas. No entanto, se a procura que desencadeia a encomenda for elevada, a quantidade encomendada (Q) pode não ser suficiente para o nível de *stock* ficar acima do ponto de encomenda. Para contornar este problema, são encomendadas quantidades múltiplas da quantidade de encomenda (Q) (Axsater, 2010; Silver *et al.*, 1998).

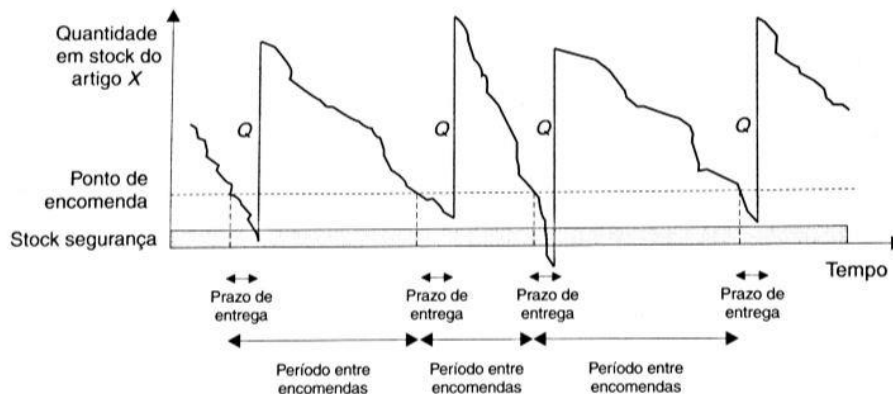


Figura 2.1 - Política (s,Q)

Fonte: Carvalho *et al.* (2012)

A **política (s, S)** é semelhante à política (s, Q), porém a quantidade encomendada (Q) pode variar ao longo do tempo, ou seja, é encomendada uma quantidade que permite que o nível de *stock* seja elevado até ao nível máximo de *stock* (S) no momento em que se atinge o ponto de encomenda (s). Se a procura for sempre da mesma grandeza, então a política (s, Q) e a (s, S)

são idênticas, porque a encomenda, igual a Q , será sempre colocada quando atingir o valor s , pelo que o nível máximo de *stock* $S = s + Q$. Se a procura for aleatória, então a quantidade a encomendar é variável (Figura 2.2).

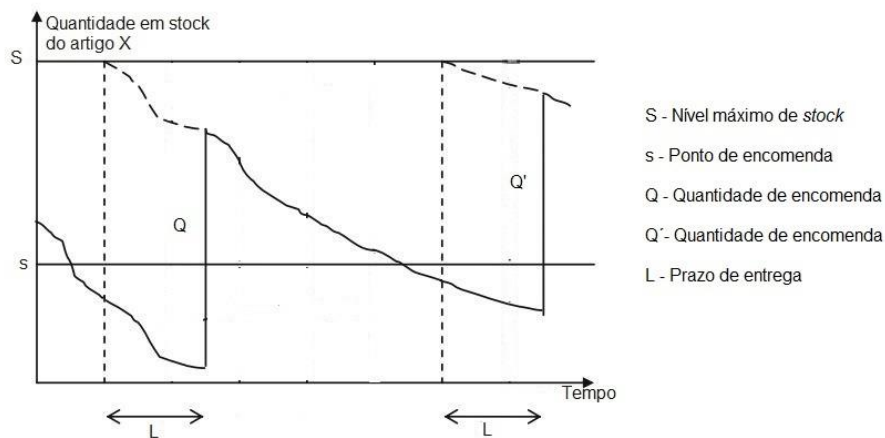


Figura 2.2 - Política (s, S)

Adaptado: Axsater (2010)

Apesar dos custos de posse, encomenda e rotura desta política não serem superiores aos da política (s, Q) é necessário um maior esforço computacional na determinação dos parâmetros (s e S) (Silver *et al.*, 1998). A quantidade a encomendar é variável de período para período, podendo gerar erros por parte do fornecedor. Certamente os fornecedores preferem quantidades de encomenda fixa.

2.2.3 Revisão Periódica

No modelo de revisão periódica o período entre revisões (R) é fixo, ou seja, o intervalo de tempo entre encomendas consecutivas é sempre o mesmo (semanal, quinzenal, mensal, entre outras). Normalmente o período entre revisões (R) é acordado com o fornecedor (Carvalho *et al.*, 2012). Caso o período entre revisões (R) seja reduzido, então a revisão periódica é semelhante à revisão contínua (Axsater, 2010).

O modelo de revisão periódica é vantajoso quando é necessário colocar uma encomenda num determinado momento, ou seja, quando é pretendido coordenar encomendas dos artigos, num período específico. Por exemplo, na realização de encomendas por transporte marítimo é vantajoso preencher um contentor para manter os custos de expedição reduzidos, podendo haver a necessidade de agrupar num determinado momento um conjunto de encomendas dos artigos (Silver *et al.*, 1998).

A política (R, S) é uma política de revisão periódica e aplica-se geralmente a artigos da classe B, dado que os parâmetros (R, S) são mais fáceis de obter. A política (R, s, S) também é uma política de revisão periódica, geralmente aplicada a artigos mais importantes, classe A (Silver *et al.*, 1998).

Na **política (R, S)** a encomenda é colocada no período de revisão (R), sendo a quantidade encomendada definida pela diferença entre nível máximo de *stock* (S) e o *stock* existente. A quantidade encomendada é variável, pois depende do comportamento da procura durante o período entre revisões (R). É comum a utilização deste modelo por empresas que não utilizam controlo computacional (Carvalho *et al.*, 2012; Silver *et al.*, 1998). Um comportamento típico desta política, está apresentado na Figura 2.3.

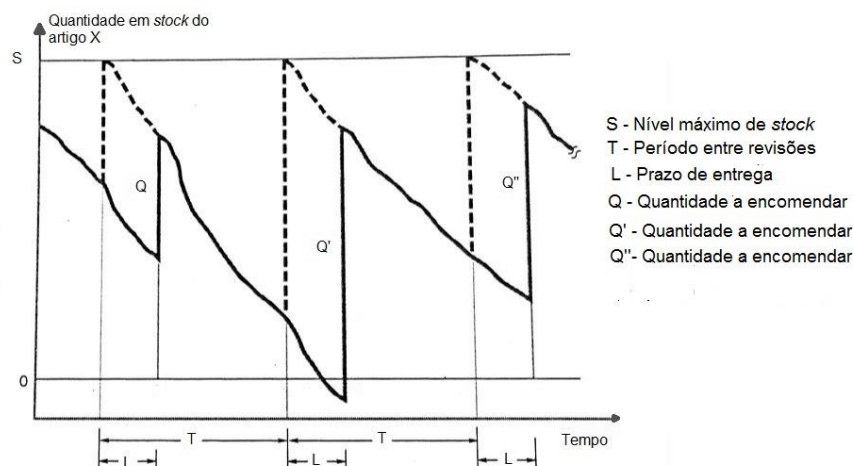


Figura 2.3 - Política (R,S)

Adaptado: Silver *et al.* (1998)

Normalmente para lidar com as aleatoriedades da procura e do prazo de entrega (L) é constituído um *stock* de segurança. Para dimensionar o *stock* de segurança é necessário definir o nível de serviço e consequentemente a probabilidade de rotura (Carvalho *et al.*, 2012).

Quando relacionamos a política (s, S) e (R, S) o resultado é a **política (R, s, S)**. Em cada R intervalos de tempo o nível do *stock* é revisto, se for inferior ou igual ao ponto de encomenda (s), é colocada uma encomenda que permite atingir o nível máximo de *stock* (S). Caso contrário, não é colocada nenhuma encomenda, até à próxima revisão do *stock*. Frequentemente, este modelo promove menores custos de encomenda, posse e rotura. No entanto, é necessário um maior esforço computacional para definir os parâmetros da política (R, s, S), comparativamente com os outros modelos (Silver *et al.*, 1998).

2.2.4 Nível de serviço

Nem sempre o nível do *stock* permite satisfazer a procura quando esta tem um comportamento probabilístico. Nestas condições, ocorre rotura, quando a procura é superior à quantidade existente em armazém, ou pelo contrário, quando a procura é menor que a quantidade encomendada, aumenta a quantidade existente em armazém e consequentemente o custo de

posse. Assim, o gestor tem de saber ponderar entre estas duas situações e encontrar um ponto de equilíbrio (Silver *et al.*, 1998).

Quando estabelecido um nível de serviço, este é um constrangimento na determinação do *stock* de segurança de um artigo. Por exemplo, para um nível de serviço de 95% pode-se esperar que em 100 encomendas, 95 encomendas irão ser satisfeitas e nas restantes 5 encomendas existirá rotura de *stock*, pois o *stock* em armazém não é suficiente para responder à procura (Carvalho *et al.*, 2012; Silver *et al.*, 1998).

O nível de serviço pode ser definido como o ciclo de encomenda (*cycle service level* - CSL) ou o *fill rate* (*fr*), sendo estas as medidas de desempenho mais conhecidas. O ciclo de encomenda é o intervalo entre duas encomendas consecutivas, assim, o CSL corresponde à probabilidade de não haver rotura durante o ciclo de encomenda. Por outro lado, o *fill rate* é a probabilidade das encomendas serem satisfeitas da quantidade disponível em armazém. Por exemplo, uma empresa tem disponível em armazém 200 unidades de um artigo e a procura do cliente é de 300 unidades, se considerarmos a medida de desempenho *fill rate*, então irão ser satisfeitas 200 unidades e 100 unidades encomendas pendentes, estas serão entregues quando se elevar o nível de *stock*. No entanto, o CSL iria considerar uma rotura de 300 unidades. O *fill rate* é uma medida mais relevante que o CSL, uma vez que permite ao vendedor ter noção da parcela que corresponde à procura que é convertida em vendas (Axsater, 2010; Chopra & Meindl, 2001; Silver *et al.*, 1998).

O *fill rate* será a medida de desempenho utilizada no caso de estudo desta dissertação. O *expected shortage* (ES) é a média de unidades de encomendas pendentes que serão satisfeitas pela quantidade encomendada. O *fill rate* (*fr*) é calculado segundo por uma quantidade encomendada (Q) e o *expected shortage* (Equação 2) (Axsater, 2010; Kocer & Tamer, 2011)

$$fr = 1 - \frac{ES}{Q} \quad (2)$$

2.3 Gestão de *stock* para artigos de reduzida e média rotação

Os artigos com reduzida e média rotação caracterizam-se por uma procura aleatória em que é elevada a frequência de procura nula. A gestão de *stocks* deste tipo de artigos é essencial para as empresas. Por um lado, grandes quantidades do artigo em armazém conduz a elevados custos de posse, mas por outro lado, pequenas quantidades em armazém aumentam a probabilidade de rotura, pelo que qualquer uma tem um impacto negativo no desempenho da empresa (Kocer & Tamer, 2011).

Verifica-se que em alguns artigos de reduzida e média rotação os níveis de *stock* são elevados, sendo normalmente associado a artigos de reposição. Nos dados históricos destes artigos, em alguns períodos a procura aparenta ser estável, mas o nível do *stock* é superior ao seu valor

máximo, pelo que é necessário tomar medidas para evitar o aumento do custo devido a um excesso de *stock* (Croston, 1972).

O comportamento da procura durante o prazo de entrega destes artigos é difícil de estimar, mas é essencial conhecer para que os parâmetros das políticas de *stock* sejam os adequados. Apesar de na literatura serem propostos diferentes políticas de *stock* sobre este tipo de problemas, é reduzido o número de implementações realizado com dados reais. Alguns autores assumem para a distribuição da procura, as distribuições Normal, Poisson e Gama, entre outras. Outros autores propõem a utilização de modelos de previsão da procura, tais como, modelo de Croston, o método de Bootstrap, entre outros (Kocer & Tamer, 2011; Porras & Dekker, 2008).

Os artigos alvo de análise no caso de estudo desta dissertação não são de reposição, no entanto, o comportamento da sua procura assemelha-se ao comportamento da procura de artigos de reposição, ou seja, elevada variabilidade da ocorrência e do valor da procura, sendo, por isso, necessário conhecer o tipo de procura, a distribuição de probabilidade da procura e os modelos de previsão da procura mais adequados a aplicar.

2.4 Tipo de Procura

Os softwares de controlo de gestão utilizados na indústria consideram valores arbitrados de *cut-off* para caracterizar o comportamento da procura, ou seja, são consideradas margens sem bases científicas para a caracterização do comportamento da procura, e só depois selecionam os métodos de previsão e de gestão de *stocks* (Syntetos, Boylan, & Croston 2005). Classificar o tipo de procura tem como objetivo permitir definir alguns grupos de artigos, os quais se tentam adequar os modelos de previsão e de gestão de *stocks* que melhor se ajustam. (Babiloni, Cadós, Albarracín, & Palmer, 2010)

Williams (1984) foi o primeiro a propor a classificação do comportamento da procura. Eaves e Kingsman (2004) desenvolveram a classificação proposta por Williams (1984) adotando novas classificações e basearam-se na seleção dos modelos de previsão da procura. A classificação proposta por Syntetos *et al.* (2005) considera na sua base dois critérios: a média do intervalo entre procuras (*Average Demand Interval* - ADI) e o coeficiente de variação da procura ao quadrado (CV^2), sendo σ^+ o desvio padrão e μ^+ a média da procura não nula (sem períodos de procura nula) (Equações 3 e 4, respetivamente) (Rego & Mesquita, 2015; Syntetos *et al.*, 2005).

$$ADI = \frac{\sum_{i=0}^n \text{intervalo entre procuras}}{N^{\circ} \text{ periodos com procura não nula}} \quad (3)$$

$$CV^2 = \left(\frac{\sigma^+}{\mu^+} \right)^2 \quad (4)$$

Com base nos dois critérios, estes autores classificaram a procura em quatro tipos. A Figura 2.4 apresenta os quatro quadrantes correspondentes aos diferentes tipos de procura com os *cut-offs*

do coeficiente de variação da procura ao quadrado (CV^2) e da média do intervalo entre procura (ADI), respetivamente 0,49 e 1,32. Estes valores foram obtidos matematicamente através da comparação do erro quadrático médio (EQM) dos diferentes modelos de previsão, o modelo de Croston (CM) e o modelo de Syntetos & Boylan (S&B).

O ADI apresenta um valor de 1,32 por unidade de tempo. O CV^2 é adimensional. A classificação dos tipos de procura são (Figura 2.4 e Figura 2.5) (Nenes *et al.*, 2010):

- Intermitente: a procura ocorre aleatoriamente, com muitos períodos de procura nula;
- Errática: a procura apresenta elevado coeficiente de variação, mas reduzido valor do intervalo entre procura;
- Suave: procura de baixo coeficiente de variação e com alguns períodos de procura nula;
- Irregular: ocorre ocasionalmente, com elevado coeficiente de variação e com alguns períodos de procura nula.

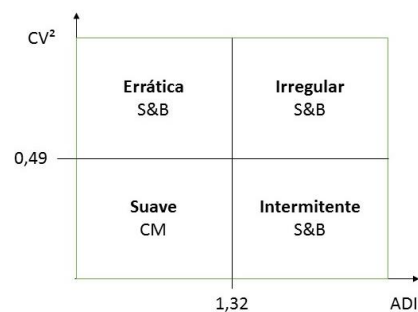


Figura 2.4 - Categorização da procura

Adaptado de: Syntetos *et al.* (2005)

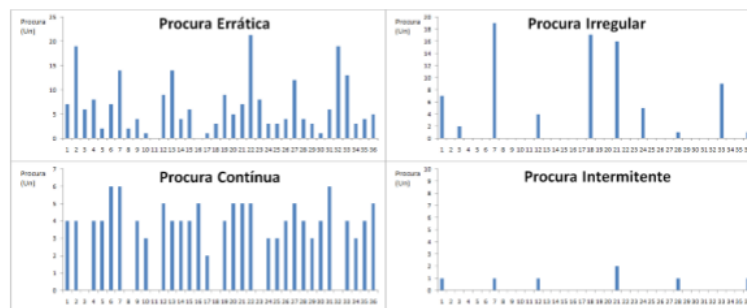


Figura 2.5 – Procura em função do tempo (meses) dos tipos de procura

Fonte: Santos (2011)

2.5 Modelos de Previsão da Procura

Um dos aspetos fundamentais para a gestão da cadeia de abastecimentos é uma previsão da procura viável. Também é importante para a gestão de *stocks* uma previsão precisa, porém torna-se difícil de prever quando se trata de uma procura com elevada frequência de procura

nula. Assim, os modelos de previsão de Croston e de Syntetos & Boylan, entre outros, permitem a previsão deste tipo de procura (Willemain, Smart, & Schwarz, 2004).

2.5.1 Indicadores de desempenho

Os indicadores mais abordados na literatura para a otimização dos parâmetros dos modelos de previsão são o erro quadrático médio (EQM) e o erro absoluto médio (EAM). O EQM está diretamente relacionado com o erro do desvio padrão da previsão e apresenta uma maior ponderação em erros elevados, tal como se pode observar pela Equação 5, o erro $(y_t - \hat{y}_t)$ é elevado ao quadrado tendo por isso uma maior ponderação. Uma vez que, é facilmente calculado torna-se vantajosa a sua utilização (Silver *et al.*, 1998; Syntetos *et al.*, 2005).

$$EQM = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{n} \quad (5)$$

Sendo

y_t : procura no instante t

\hat{y}_t : previsão da procura no instante t

n: dimensão da procura

O indicador do erro absoluto médio (EAM) foi inicialmente aplicado pela sua facilidade de utilização, sendo menos sensível aos outliers (valor atípico, apresenta um grande afastamento dos restantes dados). Para n valores o erro absoluto médio pode ser calculado como demonstrado na Equação 6.

$$EAM = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)}{n} \quad (6)$$

2.5.2 Modelo de Croston

O modelo mais abordado na literatura para a previsão de procura com elevada frequência de procura nula é o modelo de Croston, sendo este modelo mais intuitivo do que o modelo das médias móveis e o modelo de alisamento exponencial (Syntetos & Boylan, 2005). O modelo de Croston, deriva do modelo de alisamento exponencial, apresentando dois alisamentos exponenciais, um para o valor da procura (\hat{z}_t) e outro para o intervalo entre procura (\hat{p}_t). A previsão só é determinada quando ocorre procura. Se existir procura em todos os períodos, o modelo de Croston comporta-se como o modelo de alisamento exponencial (Babiloni *et al.*, 2010)

O modelo de Croston apresenta melhores resultados quando a procura se caracteriza por uma elevada frequência de valores nulos (Croston, 1972). No entanto, outros autores confirmam a superioridade do modelo de Croston quando aplicado a artigos com elevada variabilidade da procura (Croston, 1972; Porras & Dekker, 2008; Silver *et al.*, 1998).

Como referido anteriormente, o modelo só é aplicado caso ocorra procura. Caso não ocorra procura ($y_t = 0$) não existe atualização do modelo. As variáveis têm o mesmo valor das relativas ao período anterior (Equação 7). Caso ocorra procura ($y_t > 0$), Croston recomenda a utilização do seguinte processo de atualização representado no sistema de Equações 8 e na Equação 9 obtenção da previsão da procura.

$$\begin{cases} \hat{z}_t = \hat{z}_{t-1} \\ \hat{p}_t = \hat{p}_{t-1} \\ q = q + 1 \end{cases} \quad (7)$$

$$\begin{cases} \hat{z}_t = \omega y_t + (1 - \omega) \hat{z}_{t-1} \\ \hat{p}_t = \omega q + (1 - \omega) \hat{p}_{t-1} \\ q = 1 \end{cases} \quad (8)$$

$$\hat{y}_t = \frac{\hat{z}_t}{\hat{p}_t} \quad (9)$$

Sendo:

ω : constante de alisamento

q : intervalo entre procuras

2.5.3 Modelo de Syntetos & Boylan

O modelo de Syntetos & Boylan é um modelo modificado do modelo de Croston. Syntetos & Boylan provaram que o modelo de Croston é enviesado, dado que Croston considera a previsão do valor da procura (\hat{z}_t) e o intervalo entre procura (\hat{p}_t) independentes (Syntetos & Boylan, 2005). Assim, um novo modelo de previsão é proposto baseado no modelo de Croston.

Tal como no modelo de Croston, se não ocorrer procura, as variáveis (valor da procura e o intervalo entre procura) não são atualizadas (equação 7). Se ocorrer procura, as variáveis são atualizadas de acordo com a equação 8. Por fim, para se obter a previsão da procura aplica-se a equação 10.

$$\hat{y}_t = \left(1 - \frac{\omega}{2}\right) \frac{\hat{z}_t}{\hat{p}_t} \quad (10)$$

O modelo de Syntetos & Boylan é considerado na caracterização do tipo de procura, aplicado a artigos de procura errática, irregular e intermitente. Babai *et al.* (2010) verificam que o modelo de Syntetos & Boylan apresentam melhores resultados que o modelo de Croston e o modelo de alisamento exponencial.

2.5.4 Outros modelos

Para além dos modelos de previsão de Croston e de Syntetos & Boylan, existem outros modelos identificados na literatura, tais como, o modelo de alisamento exponencial, o modelo de *Bootstrap*, o modelo de Willemain *Bootstrap*, entre outros.

O modelo de alisamento exponencial, equação 11, é aplicado em todos os períodos contrariamente ao modelo de Croston que é atualizado apenas quando ocorre procura.

$$\hat{y}_t = \hat{y}_{t-1} + \omega(y_t - \hat{y}_{t-1}) \quad (11)$$

O modelo de *Bootstrap* consiste na replicação da amostra com um período de tempo igual ao prazo de entrega, de modo a prever a distribuição da procura durante o prazo de entrega. O modelo de Willemain *Bootstrap* apresenta um modelo modificado do modelo de *Bootstrap*. A autocorrelação entre ocorrências da procura não nula é melhor captada pelo modelo de Willemain *Bootstrap* do que pelo modelo *Bootstrap* (Porras & Dekker, 2008).

O primeiro passo para a realizar do modelo de Willemain *Bootstrap* é avaliar a probabilidade de ocorrência de procura nula e não nula. Depois, com a utilização da cadeia de Markov é possível gerar uma sequência de valores nulos e não nulos com um período de tempo igual ao prazo de entrega para os diferentes artigos. Os valores não nulos são substituídos aleatoriamente pelos valores da procura real não nula. Este processo é replicado várias vezes, por fim obtém a distribuição prevista da procura durante o prazo de entrega. No entanto, como é um processo complexo que é necessário uma constante atualização, não irá ser aplicado no caso de estudo desta dissertação.

Os modelos de Croston e Syntetos & Boylan baseiam-se na previsão da procura média, promovendo uma previsão da distribuição da procura durante o prazo de entrega incorreta (Kocer & Tamer, 2011; Porras & Dekker, 2008).

2.6 Modelos de Gestão de Stock para artigos de reduzida taxa de rotação

Os modelos de gestão de *stocks* tradicionais assumem geralmente que a procura durante o prazo de entrega, se ajusta a uma distribuição Normal. A simplicidade de implementação e monitorização dos modelos tradicionais explica o seu uso em muitos sistemas de gestão de *stocks* e softwares comerciais (Strijbosch, Heuts, & Van Der Schoot, 2000). Porém, nos casos em que a procura apresenta elevada frequência de valor nulo, os modelos tradicionais exibem resultados insatisfatórios (Kocer & Tamer 2011).

São alguns os modelos de gestão de *stocks* aplicados a situações em que a procura apresenta elevada variabilidade em valor e ocorrência. A Tabela 2.1 apresenta alguns modelos de gestão de *stock* de artigos de reduzida e média rotação cuja procura tem uma elevada frequência de procura nula e respetivos pressupostos no que diz respeito aos comportamentos de procura e

prazo de entrega. Estes pressupostos permitem a seleção mais adequada dos modelos a usar de acordo com os dados da procura a simular. Pode verificar-se que os modelos variam no que concerne ao tipo de revisão (contínua ou periódica), distribuição da procura e prazo de entrega (constante ou estocástico). Os modelos de revisão periódica não necessitam do ajustamento a uma distribuição da procura.

Tabela 2.1 - Modelos de gestão de *stocks* para procura com elevada frequência de procura nula

Tipo de revisão	Modelo	Tipo de Modelo	Distribuição da Procura	Prazo de Entrega
Contínua	Zipkin (2000)	(s, Q)	Gama ou Normal	Constante
	Silver, Pyke & Peterson (1998)	(s, Q)	Gama	Contante
Periódica	Heurística Power Approximation	(R, s, S)	-	Constante
	Heurística Normal Approximation	(R, s, S)	-	Constante

2.6.1 Modelos de Revisão Contínua

O modelo de revisão contínua e periódica são igualmente aceites no controlo de gestão de *stocks* em artigos de reduzida taxa de rotação (Babiloni *et al.*, 2010). Os modelos de revisão contínua mais abordado na literatura são modelos (s, Q), devido à sua facilidade computacional. Os modelos de gestão de *stocks* abordados são: o modelo de Zipkin e o modelo de Silver, Pyke & Peterson.

2.6.1.1 Modelo de Zipkin

O modelo de Zipkin utiliza uma política de gestão (s, Q), aplicado a procuras estocásticas com variabilidade de ocorrência podendo a procura ser aproximada a uma distribuição contínuas ou discretas. As distribuições Poisson, geométrica e binomial são alguns dos exemplos de aproximação à distribuição discreta. A distribuição contínua mais conhecida é a aproximação à distribuição Normal, esta apresenta bons resultados na maioria dos casos (Zipkin, 2000). As distribuições mais abordadas na literatura são as distribuições Gama e Normal. Logo, estas serão as distribuições abordadas nesta secção

As aproximações são importantes por duas razões, a primeira é devido à sua conveniência, sendo necessários menos dados para efetuar os cálculos. Outra razão, é o fato das aproximações revelarem resultados mais importantes do que as expressões exatas (Zipkin, 2000).

Para melhorar os parâmetros (s e Q) pode-se utilizar o teorema de Zeng ou o teorema do *fill rate*. O teorema de Zeng permite obter os melhores parâmetros com a redução do custo total, havendo a necessidade do conhecimento do custo de rotura, custo de posse e custo de encomenda. Por outro lado, o teorema do *fill rate* não necessita do conhecimento do custo de rotura. Uma vez que o custo de rotura é difícil de averiguar, utilizou-se o teorema do *fill rate*. Este teorema tem como objetivo obter o valor mínimo de H(s) da equação 12, sabendo que a quantidade a encomendar (Q) está sujeita à equação 13 (Zipkin, 2000).

$$H(s) = \frac{Ca\mu}{F^1(s)} + h \left(\frac{\left[\frac{F^1(s)}{\alpha} \right] + 1}{2} + s - \mu L + \frac{\alpha}{F^1(s)} [F^2(s)] \right) \quad (12)$$

$$Q = \frac{F^1(s)}{\alpha} \quad (13)$$

Sendo:

α : Nível de significância (1-fr)

$F^1(s)$: Função perda de primeiro grau

$F^2(s)$: Função perda de segundo grau

Quando se trata de uma distribuição Gama, as funções perda são obtidas a partir das equações 14 e 15. Os parâmetros α_G e β_G da distribuição Gama, são calculados a partir das equações 16 e 17.

$$F^1(s) = (\alpha_G \beta_G - s)F^0(s) + \beta_G s \phi(s) \quad (14)$$

$$F^2(s) = \frac{1}{2} \{ [(\alpha_G \beta_G - s)^2 + \alpha_G \beta_G^2] F^0(s) + (\alpha_G \beta_G^2 - \beta_G s + \beta_G^2) s \phi(s) \} \quad (15)$$

$$\alpha_G = \frac{\mu_L^2}{\sigma_L^2} \quad (16)$$

$$\beta_G = \frac{\sigma_L^2}{\mu_L} \quad (17)$$

Sendo:

$F^0(s)$: Função distribuição acumulada

$\phi(s)$: Função densidade de probabilidade

O desempenho do modelo ao longo do período de tempo, podem ser obtidas a partir dos indicadores de rotura ($\bar{A}(s)$), da quantidade não entregue ($\bar{B}(s)$) e do *stock* médio ($\bar{I}(s)$), presentes nas equações 18, 19 e 20.

$$\bar{A}(s) = \frac{1}{Q} [F^1(s) - F^1(s + Q)] \quad (18)$$

$$\bar{B}(s) = \frac{1}{Q} [F^2(s) - F^2(s + Q)] \quad (19)$$

$$\bar{I}(s) = \frac{1}{2}(Q + 1) + s - \lambda L + \bar{B}(s) \quad (20)$$

Caso se trate de uma distribuição Normal as funções perda são obtidas através das equações 21 e 22 com o auxílio das variável z_s .

$$F^1(z) = -zF^0(z) + \phi(z) \quad (21)$$

$$F^2(z) = \frac{1}{2} [(z^2 + 1)F^0(z) - z\phi(z)] \quad (22)$$

$$z_s = \frac{s - \mu_L}{\sigma_L} \quad z_{s+Q} = \frac{s + Q - \mu_L}{\sigma_L} \quad (23)$$

z_s : variável da distribuição Normal padrão

O desempenho do modelo com a ajuste a uma distribuição Normal, pode ser obtido a partir dos seguintes indicadores:

$$\bar{A}(s) = \frac{\sigma}{Q} [F^1(z_s) - F^1(z_{s+q})] \quad (24)$$

$$\bar{B}(s) = \frac{1}{Q} [F^2(z_s) - F^2(z_{s+q})] \quad (25)$$

$$\bar{I}(s) = \frac{Q}{2} + \sigma z_s + \bar{B}(s) \quad (26)$$

2.6.1.2 Modelo Silver, Pyke & Peterson

O modelo de Silver, Pyke & Peterson é utilizado quando a procura durante a prazo de entrega não se ajusta a uma distribuição Normal. Se este modelo fosse ajustado a uma distribuição Normal teria uma probabilidade de 2,3% de gerar valores negativos. Silver, Pyke & Peterson aconselham o ajustamento a uma distribuição Gama quando o coeficiente de variação (Equação 27) é superior a 0,5.

$$cv = \frac{\sigma^+}{\mu^+} \quad (27)$$

O modelo de Silver, Pyke & Peterson foi aplicado por Porras & Dekker a artigos de reposição, ou seja, a procura dos artigos apresenta elevada variabilidade de ocorrência e valor. O modelo de Silver, Pyke & Peterson ajusta-se a uma distribuição Gama, enquanto Porras & Dekker ajustaram

a uma distribuição Normal (Silver *et al.*, 1998). O caso de estudo desta dissertação apresenta um coeficiente de variação superior a 0,5, logo irá ser aplicada uma distribuição Gama.

A política (s, Q) é a utilizada no modelo de Silver, Pyke & Peterson. A quantidade média de rotura (*Expected Shortage* - ES) depende do ponto de encomenda (s), tal como se pode observar pela equação 28. Os parâmetros da distribuição Gama podem ser obtidos pelas equações 16 e 17, respetivamente, alfa(α_G) e beta (β_G).

$$ES = \alpha_G \beta_G (1 - \text{Dist. Gama}(s, \alpha_G + 1, \beta_G, \text{verdadeiro}) - s(1 - \text{Dist. Gama}(s, \alpha_G, \beta_G, \text{verdadeiro})) \quad (28)$$

Sendo:

Dist. Gama: Distribuição Gama aplicada no *Microsoft Excel*

Para a determinação da quantidade média de rotura (ES) e consequentemente do ponto de encomenda (s) é necessário a utilização da ferramenta *solver*, do *Microsoft Excel*. Esta ferramenta é aplicada à equação 29, com o *fill rate* (fr) pretendido.

$$fr = 1 - \frac{ES}{Q} \quad (29)$$

A quantidade económica de encomenda (QEE) é obtida a partir da equação de Wilson (Equação 30), para o arredondamento da quantidade encomendada (Q) é aplicada a Equação 49, sendo m o arredondamento por defeito da quantidade económica de encomenda (Axsater, 2010).

$$QEE = \sqrt{\frac{2CaD}{h}} \quad (30)$$

$$Q = \begin{cases} m, & \text{se } \frac{QEE}{m} \leq \frac{m+1}{QEE} \\ m+1, & \text{se outro} \end{cases} \quad (31)$$

Sendo:

Ca: Custo de encomenda

D: Procura anual

h: Custo de posse

2.6.2 Modelos de Revisão Periódica

A política (T, s, S) é considerada eficaz na gestão de artigos com reduzida taxa de rotação. Alguns modelos da política (T, s, S) foram desenvolvidos, podendo ser modelos exatos ou

heurísticas. Os modelos exatos, ao contrário dos modelos heurísticos necessitam de ajustamento da procura a uma distribuição (Zied Babai, Syntetos, & Teunter, 2010).

Várias heurísticas têm vindo a ser desenvolvidas, as mais abordadas na literatura são: a heurística *Power Approximation* (Ehrhardt e Mosier, 1984) e a heurística *Normal Approximation* (Wagner, 1975). Babai, Syntetos & Teunter analisaram o comportamento destas heurísticas a artigos de reposição.

2.6.2.1 Heurística Normal approximation

Veinoot e Wagner (1965) desenvolveram um modelo de gestão de *stocks*, que mais tarde foi simplificado por Wagner (1975), denominado a heurística *Normal approximation*.

A heurística *Normal Approximation* apresenta uma política (T, s, S). Assume que o prazo de entrega é constante e a procura segue a uma distribuição Normal, sendo vantajoso não haver a necessidade de apurar a distribuição exata da procura. A inconveniência desta heurística surge quando a procura não se ajusta a uma distribuição Normal (Wagner, 1975).

Se a procura durante o prazo de entrega mais o período entre revisões for inferior ao valor da Equação 32, então o ponto de encomenda (s) e o nível máximo de *stock* (S) é dado pela Equação 33. Se não, aplica-se a equação 34 para obter os parâmetros (s, S).

$$\mu_{L+T} < 0,888 * \frac{Ca}{h} \quad (32)$$

$$\begin{cases} s = \mu_{L+T} + \mu_s \times \sigma_{L+T} \\ S = s + Q \end{cases} \quad (33)$$

$$\begin{cases} s = \mu_{L+T} + w_s \times \sigma_{L+1} \\ S = \mu_{L+T} + \min(\mu_s \times \sigma_{L+1} + Q ; v_s \times \sigma_{L+T}) \end{cases} \quad (34)$$

Para obter o ponto de encomenda (s) e o nível máximo de *stock* (S) da Equação 33, deve-se calcular as seguintes equações

$$Q = \sqrt{\frac{2Ca\mu_{L+T}}{h}} \quad (35)$$

$$Rn = \frac{hQ}{\sigma_{L+T} * b} \quad (36)$$

$$In(\mu_s) = Rn \quad (37)$$

Sendo:

$In(.)$: *Standard Normal loss function*

σ_{L+T} : Desvio padrão do prazo de entrega mais a período entre revisões

b : custo de rotura

O ponto de encomenda (s) e nível máximo de *stock* (S) da Equação 34, podem ser obtidos a partir das seguintes equações:

$$A = \frac{b}{b + h} \quad (38)$$

$$\Psi(v_s) = A \quad (39)$$

$$w_s = \min(\mu_s; v_s) \quad (40)$$

Sendo:

$\Psi(v_s)$: Distribuição Normal padrão acumulada

A média e o desvio padrão da procura durante o prazo de entrega mais o período entre revisões é dado pelas seguintes equações:

$$\mu_{L+T} = \mu(L + T) \quad (41)$$

$$\sigma_{L+T} = \sigma\sqrt{(L + T)} \quad (42)$$

2.6.2.2 Heurística Power approximation

A heurística *Power approximation* aplica uma política (T, s, S). O autor desta heurística, Ehrhardt, afirma que é uma política de fácil utilização computacional. Ehrhardt e Moiser (1984) reviram a heurística *Power approximation*, verificando que a política revista apresenta na maioria dos casos menores custos totais que a heurística original. No entanto, apresenta um custo total ligeiramente superior que a heurística *Normal Approximation*.(Ehrhardt, 1979; Ehrhardt & Mosier, 1984)

Se o quociente entre a quantidade a encomendar (Q) e a procura não nula (μ^+) for superior a 1,5, então aplica-se a equação 43. Caso contrário, aplica-se a equação 44.

$$\begin{cases} s = sp \\ S = s + Q \end{cases} \quad (43)$$

$$\begin{cases} s = \min(sp; S_0) \\ S = \min(sp + Q; S_0) \end{cases} \quad (44)$$

A quantidade a encomendar (Q) é obtida através da equação 45 e os parâmetros sp e S_0 pelas equações 46 e 47.

$$Q = 1,3 * \mu_{L+T}^{0,494} * \left(\frac{Ca}{h}\right)^{0,506} * \left(1 + \frac{\sigma_{L+T}^2}{\mu_{L+T}^2}\right)^{0,116} \quad (45)$$

$$s_p = 0,973\mu_{L+T} + \sigma_{L+1} \left(\frac{0,183}{z} + 1,063 - 2,192 * z\right) \quad (46)$$

$$S_0 = \mu_{L+T} + \Psi^{-1}(fr) * \sigma_{L+T} \quad (47)$$

O parâmetro z da equação 46, a média e o desvio padrão da procura durante o prazo de entrega mais o período entre revisões pode ser obtido por:

$$z = \sqrt{\frac{hQ}{\sigma_{L+T}b}} \quad (48)$$

$$\mu_{L+T} = \mu(L + T) \quad (49)$$

$$\sigma_{L+T} = \sigma\sqrt{(L + T)} \quad (50)$$

2.7 Síntese do capítulo

Neste capítulo foram revistos os conceitos de gestão da cadeia de abastecimentos, modelos de revisão contínua e periódica, gestão de *stocks* e modelos de previsão a artigos de reduzida taxa de rotação. A estes artigos de reduzida taxa de rotação foram identificados alguns dos modelos de gestão de *stocks* mais abordados na literatura.

Conclui-se que são poucos os casos práticos de modelos de gestão de *stocks* a artigos de reduzida taxa de rotação, e estes casos práticos são normalmente aplicados a artigos de reposição. Sendo por isso necessário analisar quais os modelos de gestão de *stocks* adequados ao comportamento da procura destes artigos.

3 Caracterização do caso de estudo

O caso de estudo descrito nesta dissertação baseia-se em dados históricos obtidos a partir do software Primavera da empresa Imperialum. Neste capítulo é feita a caracterização da empresa, a classificação e análise dos artigos. São, ainda, identificados os custos envolvidos na gestão atual da empresa Imperialum.

3.1 Introdução

Neste capítulo pretende-se enquadrar a empresa onde foi desenvolvida esta dissertação. São dados a conhecer a missão e a visão da empresa, bem como a cadeia de abastecimento desde os fornecedores de primeiro nível, até ao cliente final, passando pelas delegações dispersas por Portugal.

A empresa em estudo é a Imperialum S.A., produtora de membranas betuminosas e emulsões. Estes artigos são utilizados na construção civil, permitindo uma camada impermeabilizadora em lajes e coberturas.

Esta empresa apresenta uma grande diversidade de artigos, subdivididas em três famílias:

- i. Membranas
- ii. Emulsões
- iii. Mercadorias

A família das membranas é a família alvo de análise neste caso de estudo, uma vez que agrega os artigos mais importantes para a empresa. Contudo, devido ao seu elevado número, é realizado uma análise ABC para identificar os artigos mais relevantes da família.

Aos artigos da classe A será analisada a procura dos dois artigos que se encontram nesta classe em todas as delegações, por forma a facilitar a observação dos seus comportamentos ao longo do tempo.

3.2 A Empresa Imperialum S.A.

A Imperialum S.A. foi fundada em 1968, sendo atualmente a maior fabricante nacional de membranas betuminosas, encontrando-se na quinta posição a nível ibérico. Para além da produção de membranas betuminosas também é fabricante de emulsões betuminosas, o que corresponde ao sistema primário de impermeabilização. (“Imperialum S.A.,” 2000)

Após a constituição da Sociedade, a Imperialum em 1971 iniciou a construção dos edifícios e a montagem dos equipamentos. Inicialmente a produção das membranas usava betume oxidado, mas rapidamente a empresa deu início ao estudo do projeto da produção de membranas com

betume modificado com polipropileno atático (APP). Este projeto teve a colaboração da empresa italiana IRCA e da empresa espanhola Asfalto Chova. (Imperialum, 2015)

Tendo como objetivo a certificação do sistema de garantia da qualidade, houve a necessidade de intensificar a sua política de qualidade. Em 1991 conseguiu remodelar a área da produção e o laboratório com os meios necessários para o cumprimento da Diretiva UEAtc (Union Européenne pour l'Agrément technique dans la construction). Seguidamente, em 1992, iniciou a implementação do Sistema de Garantia da Qualidade, de acordo com as normas portuguesas, tendo conseguido a certificação em maio de 1994. (Imperialum, 2015)

A empresa tem vindo a intensificar a sua presença no mercado espanhol, participando nas obras do Ikea (Madrid), estação de metro de Calle Princesa (Madrid), Torrejón de Ardoz, centro comercial M40, La Fortuna, entre outros. Para além disso, tem neste momento uma gama de produtos certificados pela Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (Imperialum, 2015)

Em 2009 a Imperialum deu início à implementação do Balance Score Card, permitindo desenvolver e aprofundar a sua missão de “contribuir para a qualidade de vida dos edifícios de forma sustentável e duradoura” e a sua visão de ser “a empresa referência do setor em Portugal e na Península Ibérica”. O início desta implementação permitiu a revisão global do mapa de processo, havendo uma redução no número de processos. No ano 2013 começou a comercialização de mercadorias no âmbito da certificação ISO 9001. (Imperialum, 2015)

A Imperialum esteve presente até à data em grandes obras portuguesas como o viaduto Duarte Pacheco, a Ponte da Arrábida, Freeport em Alcochete, o Centro Comercial Alegro/Jumbo Alfragide, entre outros. (“Imperialum S.A.,” 2000)

A empresa é líder em Portugal na venda de membranas betuminosas, emulsões, isolamentos térmicos, acústicos, drenagens e geotêxteis. A sua marca já chegou também a países como Cuba, Dubai, Reino Unido e Chile. (“Imperialum S.A.,” 2000)

3.2.1 Clientes e Fornecedores

A gama de clientes da Imperialum é muito heterogénea havendo clientes que compram os artigos à unidade, e outros que compram grandes quantidades de paletes, provocando elevadas irregularidades no consumo dos artigos ao longo do tempo. Por questões de confidencialidade não podem ser identificados os clientes.

A Imperialum tem fornecedores de matérias-primas necessárias à produção e de artigos que são mercadorias, ou seja, artigos de revenda.

As mercadorias são provenientes de fornecedores localizados em França, Itália, Espanha e Portugal. Alguns destes artigos têm um prazo de entrega de quinze dias, devido ao tempo de transporte e ao tempo de produção dos artigos. As encomendas são colocadas aos fornecedores com base no conhecimentos e experiência dos operadores de exportação existentes na sede da

Imperialum, cuja função, é controlar o *stock* dos artigos, dado que atualizam as quantidades de saída para delegações e clientes. Os operadores de exportação colocam as encomendas aos fornecedores com base no tempo de entrega dos fornecedores e na procura dos clientes.

As matérias-primas provêm também de França, Itália, Espanha e Portugal. O betume é a matéria-prima mais utilizada, sendo encomendada todas as semanas. As outras matérias-primas têm tempos de entrega variáveis, podendo variar entre dias e semanas. A monitorização destas matérias-primas é realizada pelos operadores das linhas de produção. As encomendas são colocadas pela diretora de produção tendo em consideração o tempo de entrega e a quantidade a produzir.

3.2.2 Entidades da Imperialum

A Imperialum é constituída por uma sede e fábrica e por quatro delegações, cujo objetivo principal visa a distribuição aos clientes.

A sede da Imperialum situa-se no concelho do Montijo sendo composta por três zonas distintas: serviços administrativos e de apoio, área de produção e zona de armazenagem (com expedição) e laboratório. Para além da sede também existem as quatro delegações Norte, Centro, Imperlis e Sul localizadas em Pedroso, Coimbra, Odivelas e Olhão, respetivamente (Figura 3.1.)

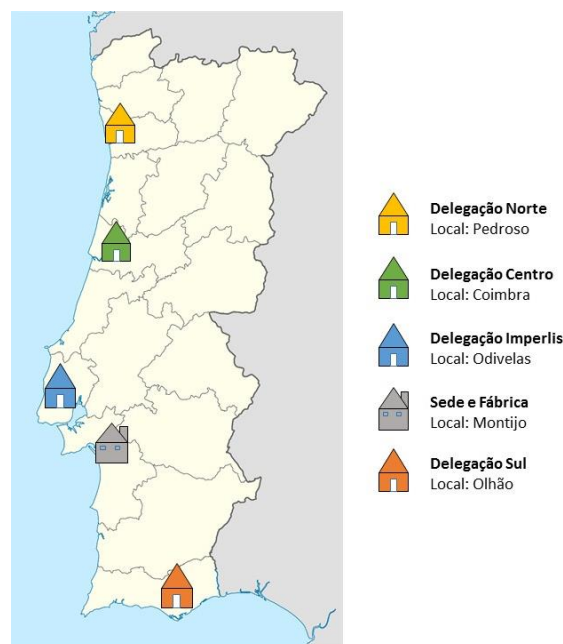


Figura 3.1 - Entidades da Imperialum

Como se pode observar pela Figura 3.1, as delegações estão dispersas por todo o território continental português, possibilitando a venda dos artigos a uma área vasta de clientes. A delegação Norte, abrange a região do Norte, correspondendo a clientes localizados nos distritos de Viana do Castelo, Porto, entre outros. A região do Centro é assegurada pela delegação

Centro, pelo que, os clientes dos distritos de Viseu, Coimbra, entre outros, encontram-se mais próximos desta delegação. A delegação Imperlis e a sede, abrangem a região de Lisboa e parte da região do Alentejo (distritos de Évora e Portalegre). A região do Algarve e a outra parte do Alentejo (distrito de Beja) é abrangida pela delegação Sul.

A fábrica, localizada nas instalações da sede no Montijo, é constituída por quatro máquinas, sendo três destinadas à produção de membranas betuminosas e a quarta máquina destinada à produção de emulsões. A sede para além do abastecimento das delegações também vende os artigos aos clientes mais próximos.

Cada delegação tem a sua área de armazenagem e de serviços administrativos. A delegação com maior área de armazenagem é a delegação Norte.

A Imperialum não possui frota de transporte, nomeadamente, rodoviário, sendo o transporte para os seus clientes e delegações realizado por empresas logísticas subcontratadas para o efeito.

3.2.3 Fluxo de artigos entre a sede e as delegações

Atualmente, as encomendas de artigos são colocadas à sede, pelo departamento da expedição de cada delegação. As quantidades encomendadas por cada delegação são calculadas com base numa quantidade mínima, definida pelos diretores da empresa, e as quantidades existentes no armazém da respetiva delegação. A periodicidade das encomendas é definida de acordo com a experiência do departamento de expedição de cada delegação. Na Figura 3.2 são representados os fluxos de informação e de material existentes na cadeia de abastecimento da Imperialum desde os fornecedores de primeiro nível até aos clientes finais. Tal como referido, na secção 3.2.2, a sede abastece às delegações, mas o transporte é efetuado através de empresas de transporte rodoviário e marítimo que são subcontratadas. Existe uma troca de informação entre a sede e as delegações, mas as delegações não comunicam entre si.

As encomendas realizadas pelos clientes podem incluir ou não o serviço de transporte até às suas instalações. Assim, as encomendas que são entregues nas instalações do cliente pela Imperialum têm um custo adicional. Quando são transportadas pelo próprio cliente a Imperialum não cobra o custo de transporte. Estas encomendas são entregues maioritariamente por transporte rodoviário. No entanto, para clientes localizados em países como, Moçambique, Luanda, entre outros, há a necessidade de recorrer à via marítima.

As encomendas provenientes dos fornecedores podem chegar por modo marítimo e/ou rodoviário. Se a encomenda for proveniente de Itália há duas alternativas, ou vem por via marítima e é depois transportado por modo rodoviário para a Imperialum, ou então, é recebida em Espanha por transporte marítimo e seguidamente é transferida para Portugal por transporte rodoviário.

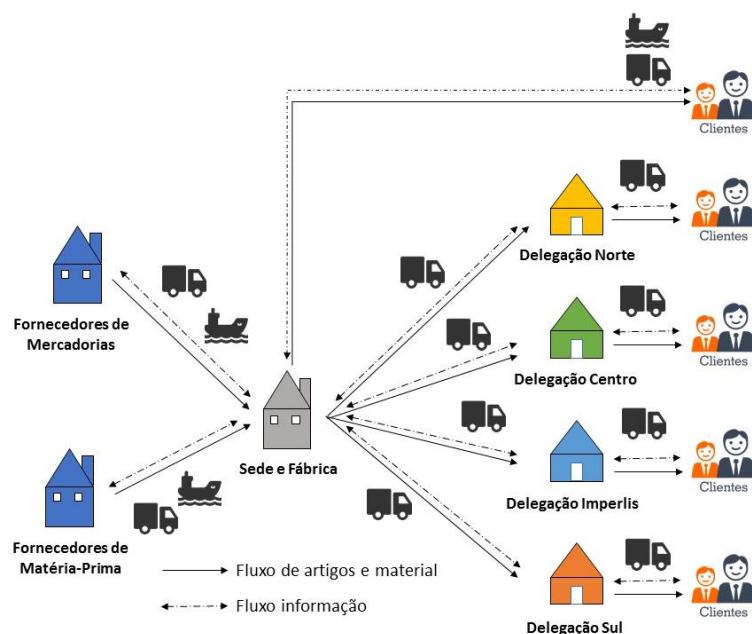


Figura 3.2 - Fluxos de informação e de material

3.3 Artigos

Os artigos da Imperialum estão categorizados em três famílias: membranas betuminosas, emulsões e mercadorias. As membranas betuminosas e as emulsões são as famílias de artigos produzidos pela Imperialum, enquanto as mercadorias são artigos de revenda. A família com maior percentagem de faturação das vendas, ou seja, incluindo todas as delegações e a sede, é a das membranas betuminosas, como se pode observar pela Figura 3.3. Porém, só representa 33% do número de artigos da empresa. A família das mercadorias apesar de representar 58% dos artigos, corresponde apenas a 9% da faturação (Figura 3.4).

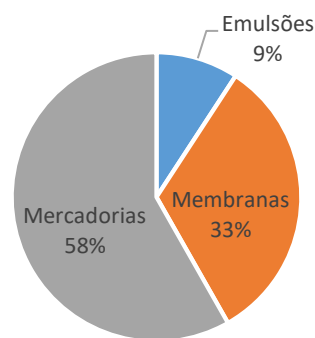


Figura 3.3 - Percentagem de artigos, por famílias

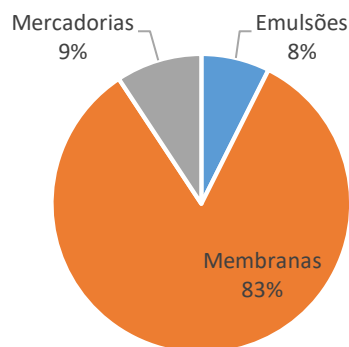


Figura 3.4 - Percentagem de faturação, por famílias

As membranas betuminosas e as emulsões são artigos de impermeabilização. O sistema de impermeabilização na construção civil é constituído pela aplicação da emulsão betuminosa e em seguida da membrana, composta por betume e polímeros, permitindo a impermeabilização de lajes e coberturas.

O tempo de produção e de entrega nas delegações de membranas betuminosas demora, em média dois dias, considerando que existe quantidade suficiente em *stock* de mistura de betume e as outras matérias-primas, tais como, xisto, fibra de vidro, alumínio, entre outros. As emulsões, por outro lado, demoram, em média, um dia a serem produzidas, considerando que existe em armazém quantidade de matéria-prima necessária para a sua produção.

3.4 Família das membranas betuminosas

A classe de artigos mais importante para a empresa é a das membranas, uma vez que representa 83% da faturação e apenas 33% dos artigos existentes, sendo, por essa razão, a classe de artigos analisada no caso de estudo desta dissertação.

3.4.1 Análise ABC da família das membranas

A classe das membranas é constituída por noventa e nove artigos, havendo a necessidade de distinguir quais os artigos que representam a maior percentagem da faturação. É necessário fazer a análise ABC para todas as delegações uma vez que para cada uma destas, serem classificados os artigos de classe A e classe B.

A faturação e o número de artigos foram os fatores considerados na análise ABC. As percentagens acumuladas definidas na classificação das classes são definidas para cada uma das delegações e na sede, uma vez que a percentagem de artigos nas delegações e na sede é variável.

3.4.1.1 Delegação Norte

A delegação com maior área de armazenagem é a delegação Norte, apresentando maior faturação, comparativamente com as outras delegações. Na Figura 3.5, a classe A corresponde a aproximadamente 65% do valor acumulado de faturação, correspondendo cerca de 13% dos artigos. A classe B corresponde a 26% da faturação e a aproximadamente 24% dos artigos, enquanto a classe C corresponde a 63% dos artigos e a apenas 9% da faturação.

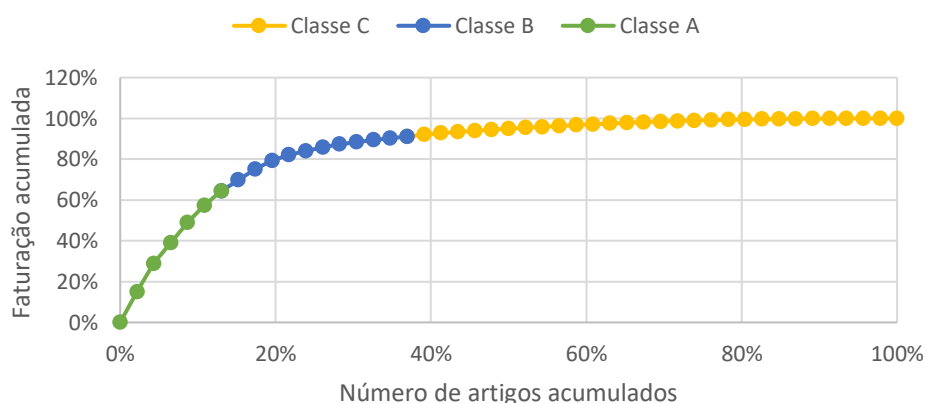


Figura 3.5 - Análise ABC dos artigos da família das membranas na delegação Norte

A Tabela 3.1 apresenta os artigos com 65% do valor acumulado de faturação, o que corresponde a aproximadamente a 13% dos artigos da delegação Norte. Os artigos com maior valor de faturação estão identificados pelos códigos 20136 e 20114 (aproximadamente 28,5%). Verifica-se que os seis artigos analisados pertencem todos à classe A.

Tabela 3.1- Artigos em análise na delegação Norte

Artigo	Faturação Acumulada	Número de artigos acumulados	Classe
20136	14,83%	2,17%	A
20114	28,43%	4,35%	A
20654	38,51%	6,52%	A
20536	48,26%	8,70%	A
20644	56,66%	10,87%	A
20635	63,57%	13,04%	A

3.4.1.2 Delegação Centro

Na Figura 3.6, a classe A corresponde a aproximadamente 65% do valor acumulado de faturação, correspondendo a 15% dos artigos. A classe B corresponde a 25% da faturação, correspondendo a 28% dos artigos, enquanto, a classe C corresponde a 57% dos artigos e apenas a 10% da faturação.

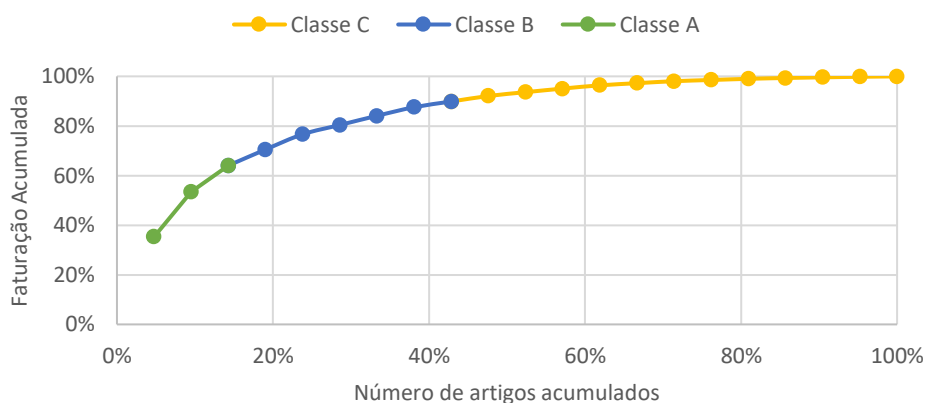


Figura 3.6 - Análise ABC dos artigos da família das membranas na delegação Centro

A Tabela 3.2 representa os mesmos artigos presentes na Tabela 3.1 da delegação Norte, porém, não estão todos presentes na classe A. Verifica-se que três artigos pertencem à classe B e outros três presentes à classe A. Isto porque, a delegação Centro apresenta uma área de armazenagem menor que a delegação Norte e, para além disso, a procura na delegação Centro é menor do que na delegação Norte. Os códigos 20114 e 20136 pertencem à classe A, tal como, na delegação Norte com aproximadamente 53,36% de faturação acumulada. Constatase que estes dois artigos, 20114 e 20136, apresentam grande parte da faturação da delegação Centro.

Tabela 3.2 – Artigos em análise na delegação Centro

Artigo	Faturação acumulada	Número de artigos acumulados	Classe
20114	35,32%	4,76%	A
20136	53,36%	9,52%	A
20644	64,03%	14,29%	A
20654	70,52%	19,05%	B
20536	76,66%	23,81%	B
20635	80,39%	28,57%	B

3.4.1.3 Delegação Imperlis

Na Figura 3.7 a classe A corresponde a aproximadamente 66% do valor acumulado de faturação, correspondendo a 14% dos artigos. A percentagem de faturação dos artigos da classe B corresponde sensivelmente a 25%, correspondendo a 26% dos artigos, por outro lado, a classe C corresponde a 60% dos artigos e a 9% da faturação.

A Tabela 3.3 apresenta os mesmos artigos presentes na classe A da delegação Norte. Porém, verifica-se que quatro artigos pertencem à classe A na delegação Imperlis e apenas dois à classe B. Os códigos, 20114 e 20136, continuam presentes na classe A, com aproximadamente 41,9% de faturação acumulada.

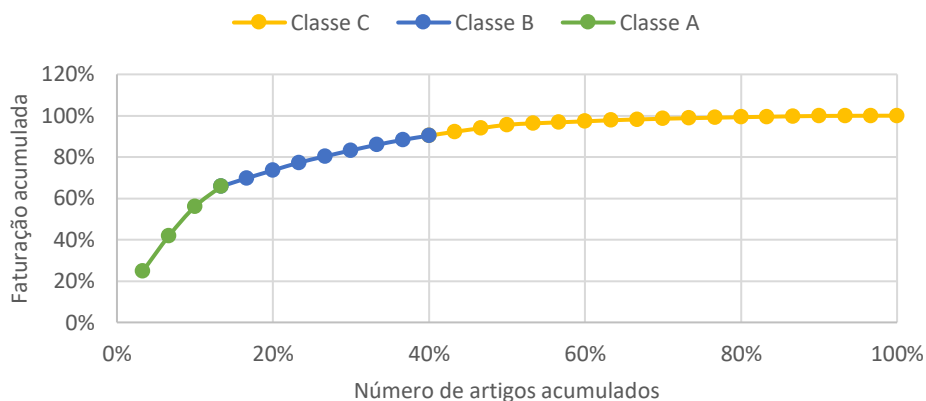


Figura 3.7 - Análise ABC dos artigos das membranas betuminosas na delegação Imperlis

Tabela 3.3 – Artigos em análise na Delegação Imperlis

Artigo	Faturação acumulada	Número de artigos acumulados	Classe
20114	24,90%	3,33%	A
20136	41,90%	6,67%	A
20536	56,06%	10,00%	A
20635	65,75%	13,33%	A
20644	70,52%	19,05%	B
20654	76,66%	23,81%	B

3.4.1.4 Delegação Sul

A classe A, da família das membranas betuminosas, corresponde a aproximadamente 70% do valor acumulado da faturação, correspondendo a 11% dos artigos. A classe B corresponde a 23% da faturação, correspondendo a 18% dos artigos, por outro lado, a classe C corresponde a uma grande percentagem dos artigos da delegação, sendo essa percentagem de 72%, correspondendo a 9% da faturação (Figura 3.8). Constata-se que para uma percentagem acumulada de faturação próxima das outras delegações, apresenta uma percentagem acumulada de artigos inferior às outras delegações, isto porque, estes artigos apresentam uma maior percentagem de faturação.

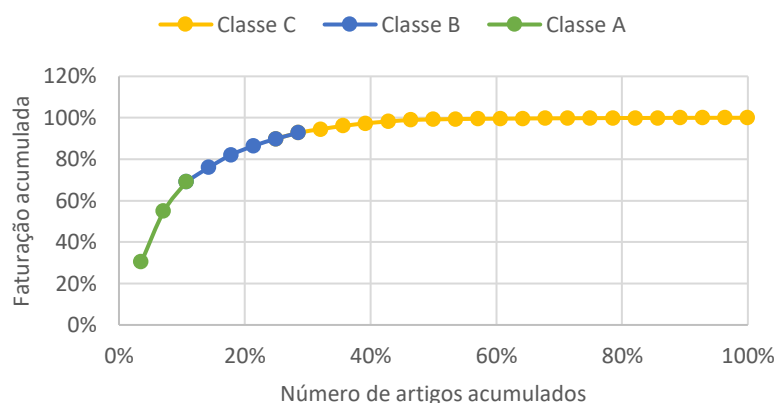


Figura 3.8 - Análise ABC da família das membranas na delegação Sul

A Tabela 3.4 apresenta os artigos presentes na classe A da delegação Norte, o que corresponde aos primeiros seis artigos da análise ABC na delegação Sul. Os três códigos de artigos (20114, 20136 e 20536) correspondem a 70% da faturação da delegação Sul.

Tabela 3.4 –Artigos em análise na delegação Sul

Artigo	Faturação acumulada	Número de artigos acumulados	Classe
20114	30,42%	3,57%	A
20136	54,90%	7,14%	A
20536	69,16%	10,71%	A
20644	76,02%	14,29%	B
20654	82,15%	17,86%	B
20635	86,45%	21,43%	B

3.4.1.5 Sede

A sede agrega todos os artigos que são distribuídos pelas delegações e vendidos aos clientes diretos, havendo um grande número de artigos inseridos na classe A. Assim, a classe A corresponde a 70% do valor acumulado de faturação e a 14% dos artigos. A classe B corresponde a 22% da faturação, o que corresponde a 25% dos artigos. Enquanto, a classe C corresponde 55% dos artigos, e a 8% da faturação (Figura 3.9).

São 13 os artigos na sede classificados de classe A, Tabela 3.5, responsáveis por cerca de 70% da faturação. Porém, nem todos estes artigos estão presentes na classe A das delegações. Assim, os artigos presentes na classe A, tanto das delegações como na sede ,são seis e estão presentes na Tabela 3.6.

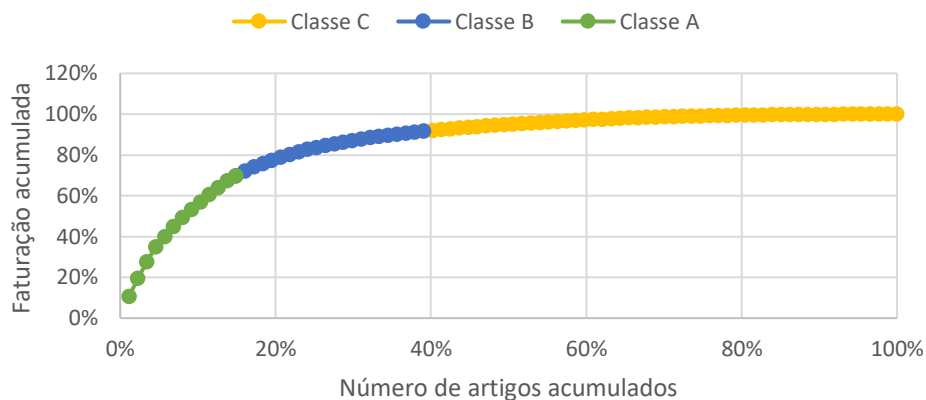


Figura 3.9 - Análise ABC da família das membranas na sede

Tabela 3.5 – Artigos de Classe A na sede

Artigo	Faturação acumulado	Número de artigos acumulado
20136	10,71%	1,15%
20114	19,56%	2,30%
20209	27,58%	3,45%
20536	34,88%	4,60%
20644	39,93%	5,75%
20500	44,82%	6,90%
20606	49,31%	8,05%
20220	53,29%	9,20%
20654	56,96%	10,34%
20635	60,54%	11,49%
20638	63,98%	12,64%
20138	67,33%	13,79%
20504	69,80%	14,94%

Os artigos de classe A de uma delegação podem não ser os mesmos de outra delegação. Por exemplo, o artigo com o identificador 20536 é classe A em todas as delegações exceto a delegação Centro.

Verifica-se que os artigos 20114 e 20136 correspondem aos artigos com maior percentagem de vendas na sede e nas delegações, correspondendo a uma grande percentagem de faturação da empresa.

Tabela 3.6 - Artigos em análise da classe A na sede

Artigo	Faturação acumulado	Número de artigos acumulado
20136	10,71%	1,15%
20114	19,56%	2,30%
20536	34,88%	4,60%
20644	39,93%	5,75%
20654	56,96%	10,34%
20635	60,54%	11,49%

3.5 Artigos classe A

Depois de determinados os artigos da classe A, referidos na secção 3.4.1, é necessário analisar a procura dos artigos de cada delegação e sede. Para além disso, verificar o comportamento da procura e nível do *stock* dos artigos ao longo dos anos 2014 e 2015.

3.5.1 Análise da procura

Após identificados os artigos de classe A é necessário estudar o comportamento da procura ao longo do tempo.

A análise da evolução da procura será realizada para os artigos 20136 e 20114 em cada delegação e na sede. Estes dois artigos estão presentes em todas as delegações e também na sede, sendo essa a razão pela qual serão estes os artigos alvo de análise.

3.5.1.1 Delegação Norte

A procura do artigo 20136 na delegação Norte encontra-se apresentado na Figura 3.10. Identifica-se sazonalidade anual e tendência ligeiramente positiva. No ano de 2014 os meses de outubro e setembro, foram os períodos com mais vendas. O que corresponde aos meses do ano de 2014 com menor precipitação em Pedroso (INAG, 1997). Por outro lado, em 2015 os valores máximos de venda, em quantidade, foram os meses de maio e julho, correspondendo ao final da Primavera, possibilitando a impermeabilização de imóveis. Os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro apresentam menor quantidade de vendas, uma vez que corresponde aos períodos mais chuvosos, uma vez que os períodos chuvosos dificultam a impermeabilização de imóveis. Verifica-se no mês de agosto nos anos 2014 e 2015 um decréscimo no volume de vendas apesar de corresponder ao mês com menos probabilidade de chuva, no entanto coincide com o período de férias, promovendo um menor número de obras, tanto das habitações como de obras públicas, por exemplo, reabilitação de edifícios públicos, construção de novos edifícios, entre outros.

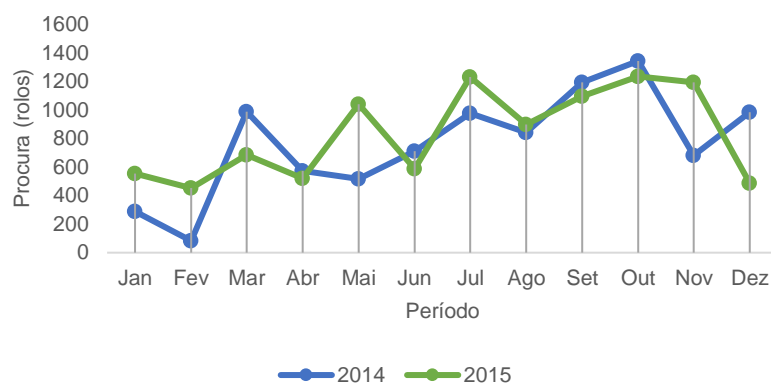


Figura 3.10 - Evolução da procura do artigo 20136 na delegação Norte nos anos 2014 e 2015

Na delegação Norte o artigo 20114 encontra-se representado na Figura 3.11, constata-se que ocorre sazonalidade anual e tendência positiva. No ano 2014 os meses de setembro e outubro foram os que apresentaram valores máximos de venda. Por outro lado, os meses de janeiro, fevereiro e novembro coincidem com os períodos de maior precipitação, apresentando uma menor quantidade de vendas. No ano de 2015 os meses de julho e outubro, correspondem aos meses com maior quantidade de vendas. Os meses de janeiro, fevereiro e dezembro do ano 2015 correspondem aos valores mínimos de venda, coincidindo com os meses mais chuvosos em Pedroso. O mês de novembro no ano 2014 apresenta um comportamento diferente do ano 2015, uma vez que, no ano 2014 houve uma elevada precipitação ao contrário do ano 2015. Tal como, no mês de dezembro, em 2014 a precipitação foi inferior ao ano de 2015, verificando-se uma alteração das quantidades vendidas.

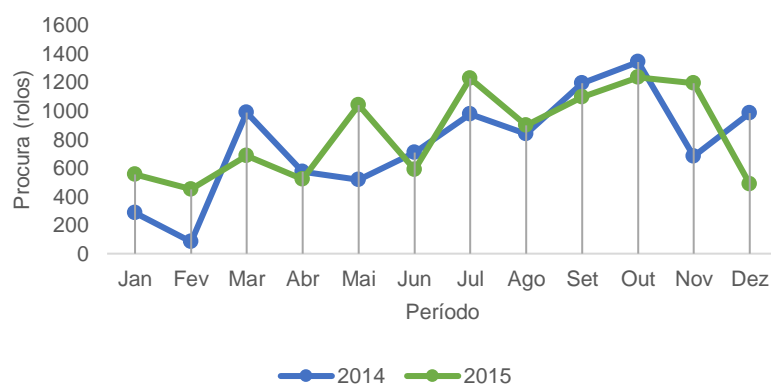


Figura 3.11 - Evolução da procura do artigo 20114 na delegação Norte nos anos 2014 e 2015

3.5.1.2 Outras delegações e sede

Na Tabela 3.7 encontra-se representado os artigos 20136 e 20114 nas delegações Centro, Imperlis, Sul e na sede. Identifica-se que ocorre sazonalidade anual e tendência positiva na

generalidade das delegações e da sede. Verifica-se que em ambos os artigos os meses de dezembro, janeiro e fevereiro correspondem aos períodos de procura reduzida. No entanto, o mesmo não se constata para o artigo 20136 na delegação Imperlis em 2014 e na delegação Sul no ano 2015. Os meses de setembro e outubro dos artigos 20136 e 20114 corresponde na sua generalidade aos meses com procura mais elevada. No mês de agosto a probabilidade de chover é reduzida, porém a quantidade de vendas é reduzida em ambos os artigos, 20136 e 2014, uma vez que se trata do período de férias.

Tabela 3.7 - Evolução da procura dos artigos 20136 e 20114 nas delegações e sede nos anos de 2014 e 2015

Delegações/ sede	Artigo 20136	Artigo 20114
Centro		
Imperlis		
Sul		
Sede		

3.5.2 Diagnóstico da situação atual

A análise dos artigos, 20136 e 20114, está relacionada com a evolução da procura e o nível de *stock* ao longo dos anos 2014 e 2015. Estes dois artigos estão presentes em todas as delegações e também na sede, sendo por essa razão os artigos alvo de análise.

A procura é dada pela quantidade de artigo encomendada pelo cliente. O nível de *stock* corresponde à quantidade de artigo existente em *stock* no final do dia. Se a quantidade de *stock* nos dias 1 e 2 for igual a, respetivamente, 100 rolos e 50 rolos e a procura no dia 2 for igual a 150 rolos, isso significa que houve uma entrega no dia 2 de 100 rolos. Possibilitando a satisfação do cliente e a existência de rolos em armazém.

Nesta secção, para além, da média e o desvio padrão da procura é considerada uma média e desvio padrão da procura não nula, dado que a procura do artigo apresenta elevada frequência de zeros. Para o cálculo da média e desvio padrão da procura não nula são apenas considerados os valores não nulos do artigo. Ou seja, se em três dias houver procura em apenas dois dias com quantidades iguais a 20 e 10 rolos, então, a média da procura não nula corresponde a 15 rolos/dia de procura não nula, enquanto, a média da procura é igual a 10 rolos/dia.

3.5.2.1 Delegação Norte

Ao observar a Figura 3.12, verifica-se que a quantidade de *stock* em armazém do artigo 20136 é sempre superior à procura. Isto deve-se ao facto de as encomendas serem colocadas, por vezes, consecutivamente. Ou seja, depois de recebida uma encomenda na delegação, no dia seguinte pode ser colocada outra encomenda. Para além disso, as quantidades elevadas de *stock* podem ser causadas por encomendas de outros artigos, isto é, o operador teve a necessidade de encomendar uma certa quantidade de outro artigo e para transportar o camião completo de 24 paletes, carregou com quantidades do artigo 20136, por forma a prevenir transportes com o camião incompleto.

Na delegação Norte a média e o desvio padrão da procura não nula do artigo 20136 é igual, a respetivamente, 57 e 50 rolos/dia de procura não nula. Por outro lado, a média e o desvio padrão da procura é de respetivamente, 37 e 48 rolos/dia. Sendo a média do nível de *stock* de 604 rolos/dia. Em média, a procura corresponde apenas a 6% da quantidade existente em *stock* pelo que a quantidade existente em armazém é muito superior à necessária.

Ao observar a Figura 3.12 a quantidade mínima e máxima do nível de *stock* corresponde, a respetivamente, 259 e 865 rolos, verificando-se a elevada variabilidade do *stock*. Para além disso, constata-se que a diferença entre o nível de *stock* e a procura também é variável. Por exemplo, no período um a diferença entre o nível de *stock* e a procura é de 619 rolos, enquanto, no período 57 é de 97 rolos.

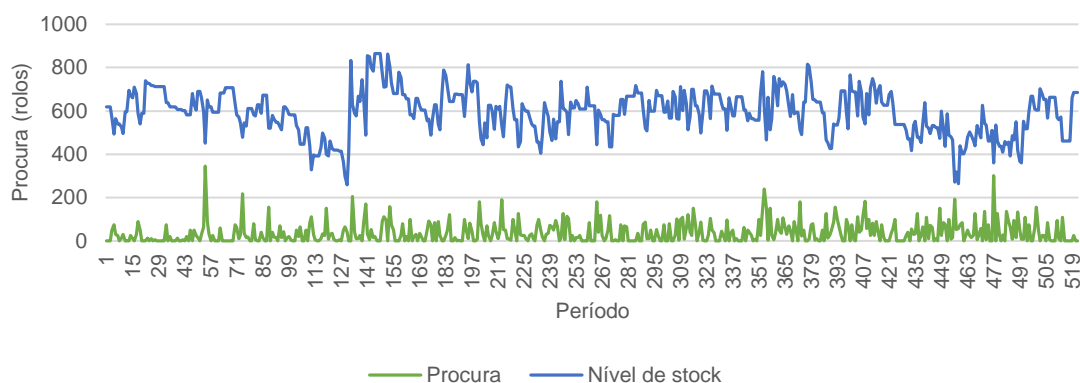


Figura 3.12 - Procura e nível de *stock* do artigo 20136 na delegação Norte nos anos 2014 e 2015

O nível de *stock* do artigo 20114 também é muito superior à procura, Figura 3.13, pois a média do nível de *stock* é de 547 rolos/dia, enquanto que a média da procura é de 37 rolos/dia, ou seja, a procura apenas representa 7% da quantidade em *stock*. O desvio da procura é igual a 52 rolos/dia. A média e o desvio padrão da procura não nula é igual, a respetivamente, 56 e 56 rolos/dia de procura não nula. Como é expectável, os valores da média e do desvio padrão da procura não nula são superiores aos valores da média e do desvio padrão da procura. O cálculo da média e do desvio padrão da procura não nula permite uma melhor perceção da quantidade procurada pelos clientes.

Ao observar a Figura 3.13, constata-se que no início do ano 2014, o nível de *stock* é mais elevado do que no resto do ano 2014. A variabilidade do *stock* é elevada sendo o nível máximo e mínimo do *stock* igual a, respetivamente, 1099 rolos e 152 rolos.

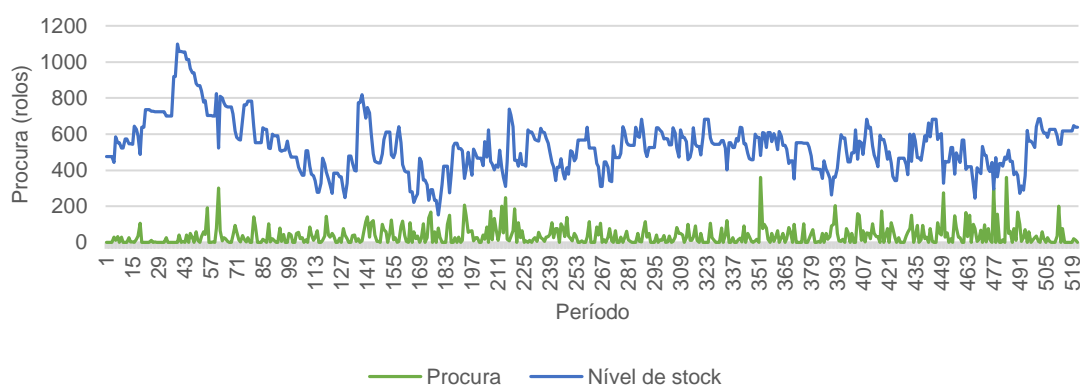


Figura 3.13 - Procura e nível de *stock* do artigo 20114 na Delegação Norte nos anos 2014 e 2015

3.5.2.2 Outras delegações e sede

Na Tabela 3.8 está representado o comportamento da procura e do nível de serviço dos artigos 20136 e 20114 das delegações Centro, Imperlis e Sul e a sede. Consta-se que o nível de *stock* é elevado para a quantidade procurada pelos clientes em todas as delegações e sede, nos artigos 20136 e 20114. Logo, a procura corresponde a uma reduzida percentagem da quantidade em *stock*, promovendo elevados custos de posse. A variabilidade do nível de *stock* e da procura promovem elevada variabilidade da diferença entre o nível de *stock* e a procura. Por exemplo, no artigo 20136 da delegação Centro no período 166 a diferença é de aproximadamente 10 rolos, por outro lado, no período 232 a diferença é de aproximadamente 100 rolos.

Ao analisar a Tabela 3.8 na delegação Centro constata-se que a procura dos artigos 20136 e 20114 é inferior relativamente às outras delegações e sede. Consta-se que o artigo 20136 da delegação Centro apresenta uma maior frequência de zeros comparativamente ao artigo 20114. Para além disso, a variabilidade da procura não nula do artigo 20114 é superior à do artigo 20136. Na delegação Imperlis o artigo 20136 apresenta uma maior variabilidade da procura e quantidade procurada do que o artigo 20114. O valor máximo de procura igual a 200 rolos do artigo 20136 da delegação Imperlis no período 77 deve-se a encomendas extraordinárias, ou seja, as encomendas colocadas por clientes do estrangeiro são superiores, uma vez que, são realizados descontos por quantidades de encomenda. Para além disso, se for necessário o transporte em contentores é preferível que este fique completo. O nível de *stock* na sede é superior ao das delegações, dado que, a sede é responsável pela quantidade encomendada pelas delegações. Porém, o nível de *stock* é demasiado elevado para a quantidade procurada, uma vez que, a procura da sede engloba as encomendas colocadas pelas delegações e os pedidos colocados pelos clientes. Para além disso, constata-se uma elevada variabilidade do nível de *stock* ao longo dos dois anos, por exemplo, o artigo 20136 atinge um valor máximo de 5551 e um valor mínimo de 16.

Nas delegações Centro, Imperlis e Sul da Tabela 3.8 a quantidade média do nível de *stock* é contante ao longo dos anos 2014 e 2015. Porém, na sede verifica-se que a quantidade média do nível de *stock* do ano 2015 é superior à média do ano 2014. A procura na sede em ambos os artigos é superior à procura nas delegações. Para além disso, a procura das delegações Imperlis e Sul dos artigos 20136 e 20114 é superior à procura na delegação Centro. Consta-se também que a variabilidade do nível de *stock* na delegação Centro é inferior às das restantes delegações e da sede, tal como seria expectável, uma vez que, a procura não apresenta uma variabilidade da procura tão elevada como nas delegações e na sede.

Tabela 3.8 - Procura e nível de *stock* dos artigos 20136 e 20114 das outras delegações e sede nos anos 2014 e 2015

Delegações /sede	Artigo 20136	Artigo 20114
Centro		
Imperlis		
Sul		
Sede		

3.6 Artigos classe B

Na presente dissertação são analisados os artigos de classe B, referidos na secção 3.4.1 das respetivas delegações. Assim, é necessário analisar a procura dos artigos e verificar qual o comportamento da procura e do nível do *stock* ao longo dos anos 2014 e 2015.

3.6.1 Análise da procura

Identificados os artigos de classe B é necessário estudar o comportamento da procura ao longo do tempo, anos 2014 e 2015. A análise da evolução da procura será realizada ao artigo 20654 nas delegações Centro, Imperlis e Sul, uma vez que, estas são as delegações onde o artigo 20654 se encontra presente.

3.6.1.1 Delegação Centro

O comportamento da procura do artigo 20654 na delegação Centro encontra-se presente na Figura 3.14. Constata-se que o artigo apresenta sazonalidade anual e a tendência é negativa, uma vez que, a procura do ano 2014 é superior à procura do ano 2015. a tendência no ano 2014 o mês de maio apresentou menores quantidades de precipitação, permitindo um aumento da quantidade procurada. Porém, o valor máximo de vendas do ano 2015 é o mês de outubro, verificando-se baixas quantidades de precipitação (INAG, 1997). Em ambos os anos, 2014 e 2015, os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro correspondem aos meses com menor número de vendas, uma vez que corresponde aos períodos mais chuvosos do ano.

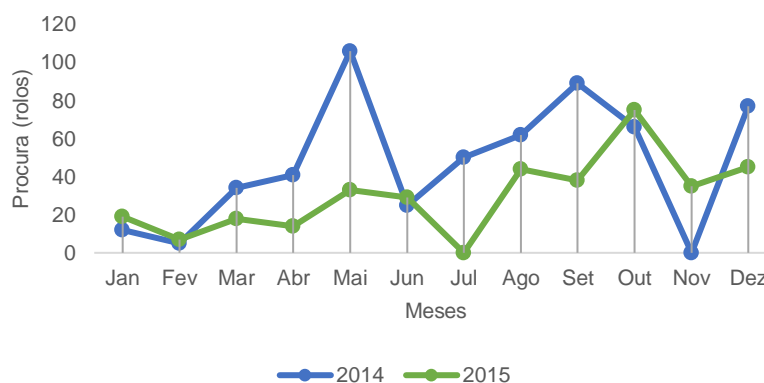
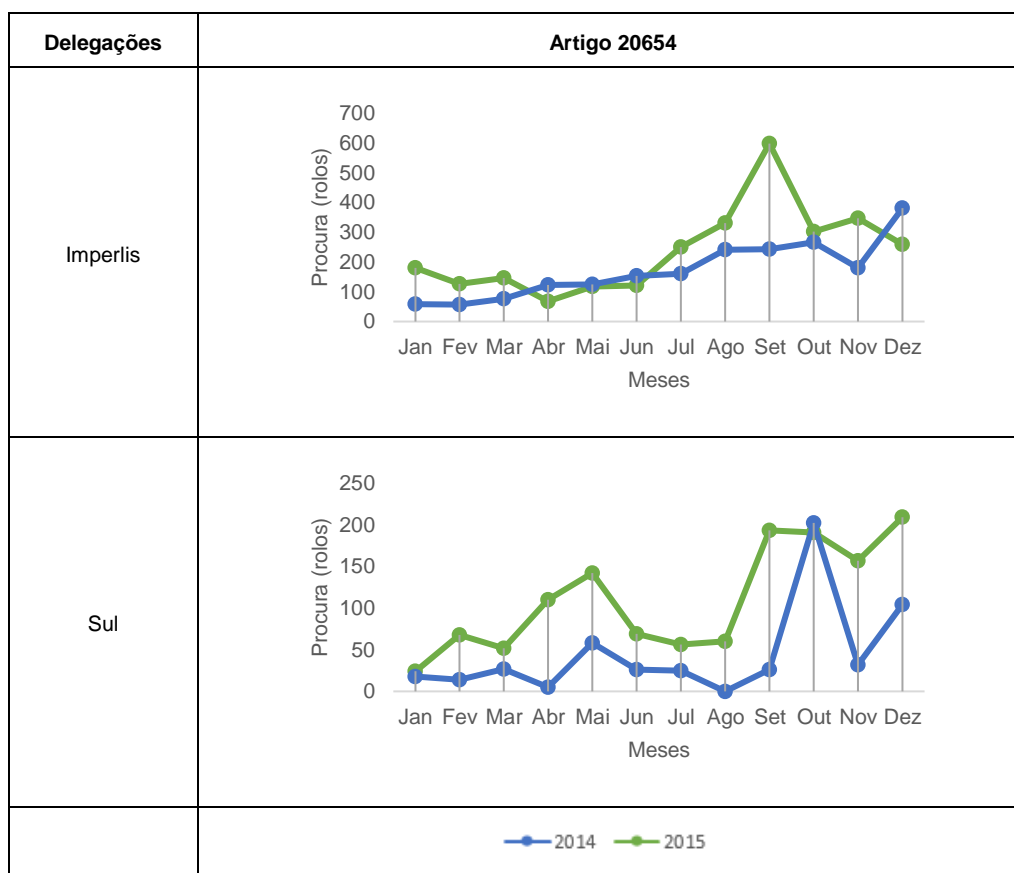


Figura 3.14 - Procura do artigo 20654 na delegação Centro nos ano 2014 e 2015

3.6.1.2 Outras delegações

Ao observar a Tabela 3.9 verifica-se que o artigo 20654 apresenta sazonalidade anual na sua generalidade e tendência positiva. Na delegação Imperlis constata-se que o mês de setembro do ano 2015 corresponde a um maior número de vendas. Por outro lado, na delegação Sul o mês de outubro é o que apresenta um maior número de vendas nos anos 2014 e 2015. Na delegação Sul do ano 2014 o artigo 20654 apresenta uma procura total inferior ao ano de 2015. Nos meses de abril e agosto do ano 2014 a procura é reduzida comparativamente com o ano 2015 da delegação Sul. Constata-se que os meses de outubro e setembro correspondem em ambas as delegações a quantidades de venda elevada, por outro lado, os meses de janeiro e fevereiro a um período de época baixa.

Tabela 3.9 - Procura do artigo 20654 nas delegações Imperlis e Sul nos anos 2014 e 2015



3.6.2 Diagnóstico da situação atual

A análise do artigo 20654 está relacionada com a evolução da procura e o nível de *stock* ao longo dos anos 2014 e 2015. Este artigo de classe B está presente nas delegações Centro, Imperlis e Sul.

O nível de *stock* corresponde à quantidade existente no final do dia e a procura corresponde à quantidade encomendada pelo cliente, tal como abordado na secção 3.5.2. A média e o desvio padrão da procura não nula correspondem aos valores da procura do artigo sem a consideração de procura nula, ou seja, se a procura durante três dias for igual a 30 rolos e 10 rolos, então a média da procura não nula é igual a 20 rolos, enquanto a média da procura corresponde a aproximadamente 14 rolos.

3.6.2.1 Delegação Centro

Na delegação Centro pode-se verificar pela Figura 3.15 que o nível de *stock* é muito superior à quantidade procurada pelos clientes. Com a média da procura não nula é possível ter uma melhor percepção da quantidade real procurada pelos clientes. Ou seja, enquanto a média da procura é

de 1,7 rolos/dia a média da procura não nula é igual a 14 rolos/dia de procura não nula. A média e o desvio da procura é de, respetivamente, 1,7 e 6,3 rolos/dia, com uma média do nível de *stock* igual a 80 rolos/dia. Assim, em média, a procura corresponde a apenas 2% da quantidade existente em *stock* pelo que a quantidade existente em armazém é muito superior à necessária. O nível de *stock* é muito variável, podendo chegar a uma quantidade mínimo de *stock* de 3 rolos, ou então, uma quantidade máxima de 120 rolos. Para além disso, verifica-se que o nível de *stock* aumenta mesmo quando não ocorre procura nos períodos seguintes, tal como se pode observar nos períodos 14 e 27. A procura do artigo é muito variável, pode-se observar que no período 261 a procura é igual a 50 rolos, enquanto no período imediatamente anterior a procura é nula. A diferença entre o nível de *stock* e a procura também é variável, apresentando uma diferença máxima e mínima de, respetivamente, 120 rolos e 5 rolos.

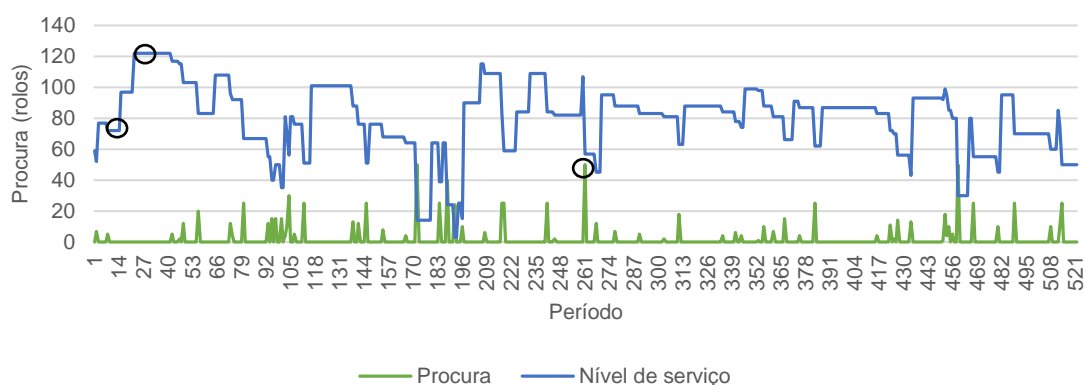
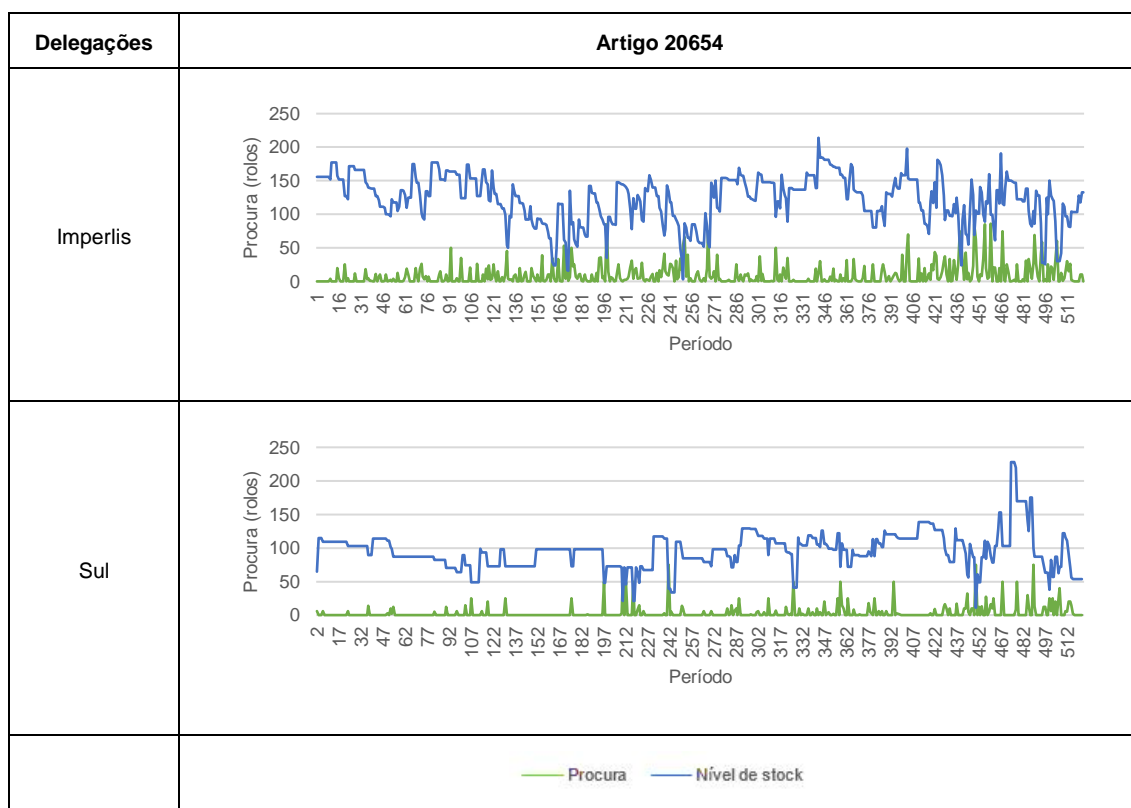


Figura 3.15 - Procura e nível de *stock* do artigo 20654 na delegação Centro nos anos 2014 e 2015

3.6.2.2 Outras delegações

Na Tabela 3.10 pode-se verificar a procura e o nível de *stock* do artigo 20654 nas delegações Imperlis e Sul. A procura em ambas as delegações é variável, ou seja, num dia pode não haver procura e no outro dia a procura ser superior a 50 rolos. Constata-se que a procura total da delegação Sul é superior à procura da delegação Imperlis, uma vez que, na delegação Imperlis ocorre uma elevada frequência de procura nula. A média do nível de *stock* da delegação Sul e Imperlis não são muito discrepantes sendo de, respetivamente, 95 e 122 rolos/dia. Verifica-se que em ambas as delegações o nível de *stock* é variável, apresentando valores inferiores e superiores a, respetivamente, 50 rolos e 200 rolos. Também se constata que o nível de *stock*, é quase sempre superior à procura do artigo, logo, a procura corresponde a uma percentagem muito reduzida da média do nível de *stock*, promovendo elevados custos de posse. Para além disso, em alguns períodos verifica-se que o nível de *stock* em ambas as delegações aumenta, apesar de não haver quantidades vendidas, isto pode dever-se à necessidade de completar o transporte de uma encomenda até à delegação.

Tabela 3.10 - Procura e o nível de stock do artigo 20654 nas delegações Imperlis e Sul nos anos 2014 e 2015



3.7 Os custos na gestão de stocks

Uma gestão de *stocks* de artigos que se pretende eficaz e eficiente implica na identificação do valor de equilíbrio dos vários componentes do custo de gestão, uma vez que existem dependência entre eles, nomeadamente, custo unitário do artigo, custo de posse do artigo e custo de encomenda do artigo.

i. Custo unitário do artigo

O custo unitário de um artigo pode envolver apenas o custo de compra, caso não haja transformação do artigo. No entanto, para um fabricante tem de envolver o custo de compra das matérias-primas ao fornecedor e o custo de produção do artigo.

ii. Custo de posse do artigo

Quando um artigo fica retido em armazém durante um período de tempo existe um custo que é denominado por custo de posse. Este custo inclui o custo do armazém (equipamentos, edifícios, recursos humanos, impostos, seguros, entre outros), o custo de oportunidade (investimento do capital em *stock*) e o custo de obsolescência (corresponde ao risco de um artigo se tornar obsoleto) que deve ser incorporado caso o risco de um artigo se torne obsoleto seja moderado a elevado. Só devem ser considerados os custos variáveis.

O custo de posse por delegação é diferente, uma vez que o custo de armazenagem não é o mesmo, pois a área de armazenagem é diferente.

iii. Custo de encomenda

O custo associado a uma encomenda não depende da quantidade a encomendar ao fornecedor/sede. Este envolve o custo dos recursos humanos afetados com a elaboração da encomenda, das comunicações, dos consumíveis e de transporte.

O custo de encomenda pode ser considerado de duas formas, ou seja, pode ser um custo unitário independentemente do tipo de artigo, ou então, pode ser considerado o custo unitário de encomenda por artigo. A Imperialum considerou um custo de encomenda por artigo. Isto é, caso realize uma encomenda de dois artigos no mesmo período a um fornecedor, considera existir um custo de encomenda igual à soma dos dois custos de encomenda dos respectivos artigos.

Como o custo de transporte por artigo não estava apurado, houve a necessidade de determinar o custo de transporte por artigo em cada delegação ao longo do ano 2015. Uma vez que nem todos os artigos da Imperialum têm as mesmas unidades (rolos, m², kg, entre outros), foi necessário considerar o volume dos artigos, de modo a ser possível determinar o custo de transporte de todos os artigos da Imperialum.

Para a determinação do custo de transporte por artigo é necessário conhecer o custo de transporte entre a sede e as delegações e entre delegações previamente estabelecido pela empresa subcontratada e o volume total transportado por movimentação. O custo de transporte por movimento de cada artigo ao longo do ano (€/m³) resulta do quociente entre o custo de transporte estabelecido pela empresa subcontratada e o volume transportado. Dado que, o volume transportado por movimento é variável e o custo de transporte varia com a origem e destino dos artigos, então o custo de transporte por movimento é variável para um dado artigo, havendo a necessidade de fazer uma média destes valores, sendo denominado de custo X. Conhecido o volume total transportado e o número de encomendas ao longo do ano é possível determinar o custo de transporte por encomenda de cada artigo. Ou seja, o produto entre o custo X e o volume total transportado resulta no custo total transportado de cada artigo. O custo de transporte por encomenda é determinado através do quociente entre o custo total transportado e o número de encomendas. Por exemplo, o artigo 20114 no ano de 2015 foi encomendado pelas delegações Norte e Sul, sendo os custos de transporte, respetivamente, 100€ e 50€ e o volume de transporte em ambas as delegações foi de 10m³. Então o custo de transporte por movimento na delegação Norte é de 10€/m³ e na delegação Sul é igual a 5€/m³. A média do custo de transporte por movimento, custo X, é igual a 7,5€/m³. Assim, o custo de transporte por encomenda de cada artigo é obtido através da Equação 51.

$$\text{Custo de transporte por encomenda de cada artigo} = \frac{7,5 \times 15}{2} = 56,25 \text{ €/enc} \quad (51)$$

O custo de recursos humanos foi calculado considerando o tempo necessário que o operador necessita para efetuar a encomendar. A soma do custo de transporte e o custo de recursos humanos origina o custo de encomenda.

- Custo de Rotura

O custo de rotura é um custo difícil de apurar, uma vez que envolve diferentes fatores. A Imperialum atribui um custo de rotura a cada um dos artigos em análise que é independente do nível de serviço.

3.8 Gestão de *stocks* dos artigos de classe A

Atualmente, a existência de uma quantidade mínima em armazém é o fator a ter em consideração na gestão de *stocks* dos artigos de classe A nas delegações e na sede. Esta quantidade mínima em armazém é definida através da experiência e conhecimento, sendo um valor considerado pela direção da empresa.

A gestão de *stock* é monitorizada diariamente pelos operadores de expedição das delegações que quando observam que a quantidade em armazém não é a suficiente, colocam uma encomenda à sede. Na sede a direção é responsável por determinar as quantidades de artigo que são produzidas semanalmente. As encomendas quando colocadas à produção ou à sede têm em consideração o prazo de entrega.

3.9 Síntese do capítulo

As análises feitas neste capítulo são referentes a artigos da classe A da família das membranas, uma vez que estas representam 33% dos artigos e 88% da faturação total. Através da análise realizada foi possível identificar que as quantidades existentes em armazém são muito elevadas comparativamente com a procura.

Aos artigos da classe A referidos na secção 3.4.1, é necessário analisar a procura dos artigos de cada delegação e sede. Para além disso, verificar o comportamento da procura e nível do *stock* dos artigos ao longo dos anos 2014 e 2015. A análise da procura (3.5) permitiu verificar que os artigos apresentam maior número de vendas nos meses de outubro e setembro e um menor número de vendas nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

O artigo 20136 apresenta na grande maioria das delegações tanto no ano 2015 como no ano 2014, um pico de vendas no mês de outubro. A estação do ano que surge com maior frequência a seguir ao Outono é o Verão, nos meses de junho, julho e agosto.

Relativamente ao artigo 20114, tem como pico de vendas mais frequentes em quase todas as delegações o mês de outubro, também o verão é a estação do ano com mais quantidades vendidas.

Ao analisar a situação atual do artigo 20136 verifica-se que na sede e na delegação Centro o nível do *stock* nos primeiros meses é superior relativamente ao resto do ano. Nas restantes delegações a quantidade em armazém é mais ou menos constante. Sendo uma quantidade média muito superior à quantidade média pedida pelos clientes.

O armazém central no início do ano de 2015 apresenta uma grande quantidade de *stock* do artigo 20114 comparativamente com o resto do ano, porém as delegações exibem um nível de *stock* constante, sendo este superior à quantidade procurada.

O artigo de classe B, apresentado na secção 3.6, também foi necessário fazer uma análise da procura e da situação atual dos artigos relativamente aos anos 2014 e 2015. Ao analisar o artigo 20654, constatou-se que os meses de outubro e setembro apresentavam maior número de vendas. Por outro lado, os meses de dezembro, janeiro e fevereiro apresentavam quantidades procuradas mais reduzidas, tal como seria expectável, dado que, correspondem aos meses mais chuvosos.

A análise da situação atual do artigo 20654 nas delegações Centro, Imperlis e Sul permitiu verificar que o nível de *stock* é muito superior à quantidade procurada, ou seja, a procura corresponde a uma pequena percentagem da média do nível de *stock*. A procura do artigo é muito variável, ou seja, pode ocorrer procura de 50 rolos ou pode não correr procura, daí a quantidade em *stock* seja também variável.

Dos dados apresentados conclui-se que a quantidade existente promove elevados custos de posse. A variabilidade da quantidade da procura e a ocorrência da procura promove insegurança, gerando elevadas quantidades de *stock* em armazém. Sendo por essa razão necessário efetuar um estudo à gestão de *stock* nas delegações e sede.

4 Implementação dos modelos de gestão de *stocks*

A análise do tipo de procura e da distribuição da procura dos artigos permite identificar os modelos de gestão de *stocks* mais adequados a aplicar aos artigos classificados nas classes A e B. Depois de identificados, analisados e simulados os modelos possíveis, pode-se seleccionar os que apresentam melhores resultados.

4.1 Introdução

A partir da análise ABC realizada no capítulo 3.4.1, obtém-se a classificação de seis artigos em cada delegação e sede (Tabela 4.1). Na tabela estão listados os seis artigos em análise nas delegações e sede. Pode-se verificar que nem todos os artigos das delegações e sede estão presentes na classe A. Logo, os artigos classificados de classe B são geridos de acordo com uma revisão periódica e os artigos da classe A são geridos de acordo com uma revisão contínua.

Tabela 4.1 – Classificação de alguns artigos nas delegações e sede

Artigo	Classes				
	Delegação Norte	Delegação Centro	Delegação Imperlis	Delegação Sul	Sede
20136	A	A	A	A	A
20114	A	A	A	A	A
20536	A	B	A	A	A
20644	A	A	B	B	A
20654	A	B	B	B	A
20635	A	B	A	B	A

Para iniciar o estudo dos artigos é necessário recolher informação relativamente aos custos, ao prazo de entrega, à procura, às encomendas/entradas de artigo e à quantidade em *stock*. Como os custos unitários de posse, de encomenda, de transporte e de rotura não são conhecidos, foi necessário identificar junto do responsável os custos mais apropriados a serem aplicados. O prazo de entrega foi questionado aos responsáveis da exportação de cada delegação, de modo a conhecer o período de tempo entre a colocação de uma encomenda e a sua receção. Também foi questionado o prazo de entrega aos operadores da produção na sede, correspondendo ao tempo médio desde o momento em que é colocada uma encomenda à fábrica até ao instante em que esta está disponível em armazém, assumindo que não existe rotura de matéria-prima em armazém. O prazo de entrega de todos os artigos das delegações e sede é de 2 dias. O período entre revisões, também desconhecido, depois de discutido com o responsável foi considerado 5 dias úteis.

Para o desenvolvimento deste caso de estudo foram consideradas três fases para cada artigo em cada delegação e sede (Figura 4.1). A fase I corresponde à determinação dos modelos de gestão de *stocks* a aplicar aos artigos, a fase II diz respeito à simulação dos modelos de gestão de *stocks* para um período de 24 meses, por último, a fase III, corresponde à seleção do modelo.

A fase I envolve a determinação do tipo de procura para agrupar os artigos com características semelhantes. De seguida, é necessário determinar a distribuição que melhor se ajusta à procura dos artigos em cada um dos grupos de artigos classificados anteriormente. Com o conhecimento do tipo de procura e da distribuição estatística, é possível identificar quais os modelos de gestão de *stocks* apropriados. Syntetos *et al.* (2005) classificam a procura e identificam quais os modelos de previsão que melhor se ajustam a cada tipo de procura. Babai *et al.* (2010) e Strijbosch *et al.* (2000) são alguns dos autores que aplicaram também modelos de previsão aos seus modelos de gestão de *stocks*. Assim, é necessário identificar quais os modelos de previsão que melhor se ajustam aos dados da procura de cada artigo, em vez de admitir os modelos de previsão propostos por Syntetos *et al.* (2005) para cada tipo de procura.

Após a identificação dos modelos de gestão de *stocks* é possível passar à fase II. A primeira etapa desta fase é a determinação dos parâmetros dos modelos de gestão de *stocks*, para níveis de serviços entre 95% e 99%. Depois é realizada a simulação considerando os diferentes níveis de serviço para cada um dos modelos de gestão de *stock* sendo possível determinar qual o nível de serviço do respetivo modelo que apresenta o menor custo total para a empresa. A simulação no ano 2016 (nos meses de janeiro a junho) é efetuado apenas com aos modelos de gestão de *stocks* que apresentam o nível de serviço com menor custo total, realizado na etapa anterior.

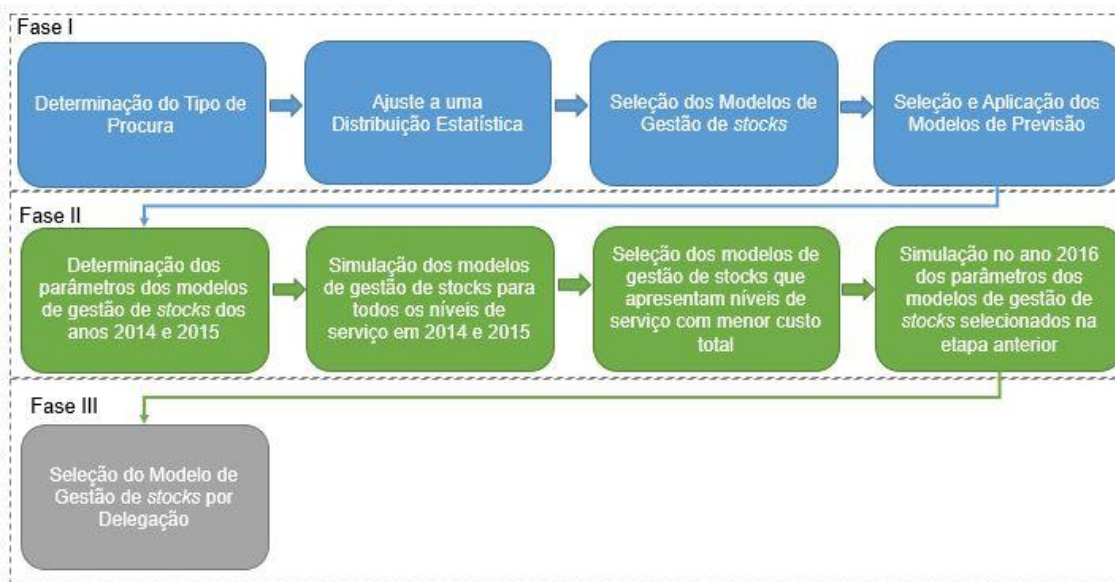


Figura 4.1 - Fases do caso de estudo

Para a aplicação da fase II foi considerada a metodologia apresentada na Figura 4.2. No período temporal correspondente aos anos 2014 e 2015, foram determinados os parâmetros e simulados os modelos de gestão de *stocks*. Nos primeiros 6 meses de 2016, a gestão dos artigos é

realizada com base na procura real e considerando os parâmetros dos modelos de gestão de *stocks* dos níveis de serviço com menor custo total, de modo, a analisar o comportamento dos modelos com dados que não foram considerados na determinação dos parâmetros.



Figura 4.2 - Metodologia aplicada no caso de estudo

Por fim, a fase III corresponde à seleção do modelo de gestão de *stocks*, tanto da sede como das delegações, que apresenta o menor custo total comparativamente com o custo total real dos artigos, sendo o custo total real igual ao somatório do custo de posse e encomenda da empresa sem a aplicação dos parâmetros.

De seguida, serão apresentados e analisados os resultados da aplicação de metodologias aos artigos das classes A e B, em cada uma das fases e etapas abordadas anteriormente.

4.2 Artigos de Classe A

As três fases serão aplicadas aos artigos de classe A das delegações e sede. Assim, é possível determinar os modelos de gestão de *stocks* a aplicar aos seis artigos em cada delegação e sede presentes na Tabela 4.2. Nem todos os artigos são de classe A em todas as delegações e sede, assim, o visto (✓) da tabela corresponde aos artigos presentes na classe A que são analisados nesta secção.

Tabela 4.2 - Artigos da classe A das delegações e Sede

Artigo	Classes				
	Delegação Norte	Delegação Centro	Delegação Imperlis	Delegação Sul	Sede
20136	✓	✓	✓	✓	✓
20114	✓	✓	✓	✓	✓
20536	✓		✓		✓
20644	✓	✓		✓	✓
20654	✓				✓
20635	✓		✓		✓
✓ Artigos presentes na classe A					

4.2.1 Fase I

A fase I abrange a determinação dos modelos de gestão de *stocks* a serem aplicados aos artigos da classe A em função do tipo de procura e da distribuição da procura. Depois é selecionado o modelo de previsão aplicado ao modelo de gestão de *stocks*.

4.2.1.1 Tipo de procura

O conhecimento do tipo de procura permite o agrupamento dos artigos e a implementação de estratégias específicas. A classificação da procura segundo o método de Syntetos *et al.* (2005), assenta na média do intervalo entre procuras (ADI) e no coeficiente de variância ao quadrado (CV^2). Os valores de ADI e CV^2 dividem a procura em quatro quadrantes com base na média de intervalo entre procuras de 1,32 dias e um coeficiente de variância ao quadrado igual a 0,49.

Os valores do ADI e do CV^2 são obtidos com o auxílio do *Microsoft Office Excel*. Para o cálculo do ADI é necessário ter o conhecimento do intervalo entre procuras e do número de ocorrências em que a procura é não nula. Para efetuar este cálculo considerou-se que o período anterior ao dia 01 de janeiro de 2014 (Tabela 4.3) é um valor de procura não nula. Assim, a título de exemplo, ao observar a Tabela 4.3, o ADI do artigo 20114 da delegação Norte pode ser obtido através do quociente entre o somatório da coluna do intervalo entre procuras dos períodos de procura não nula e o nº de ocorrências de procura não nula (equação 80).

$$ADI = \frac{5 + 1 + 1 + 2 + \dots}{1 + 1 + 1 + 1 + \dots} \quad (52)$$

Tabela 4.3 - Excerto do intervalo entre procuras do artigo 20114 da Delegação Norte

Data	Procura (rolos)	Intervalo entre procuras (dias)
01/01/2014	0	
02/01/2014	0	2
03/01/2014	0	3
06/01/2014	0	4
07/01/2014	30	5
08/01/2014	10	1
09/01/2014	33	1
10/01/2014	0	1
13/01/2014	29	2
14/01/2014	0	1
...

Se este valor for superior a 1,32 então a procura pode ser classificada como irregular ou intermitente. Por outro lado, se for inferior a procura pode ser errática ou suave (Figura 2.4).

O CV^2 corresponde ao quociente entre o desvio padrão e a média da procura não nula ao quadrado. Ou seja, depois de removida a procura nula dos dados do artigo é calculado o desvio

padrão e a média. Se o quociente for superior a 0,49, a procura pode ser classificada como errática ou irregular, se não, é classificada como suave ou intermitente (Figura 2.4)

Ao observar a Tabela 4.4 verifica-se que o ADI dos artigos é igual a 1,32 e o CV^2 é superior a 0,49, logo a procura de ambos os artigos é errática. A procura errática apresenta elevada variabilidade do valor da procura e um reduzido intervalo entre procuras. Ao observar as Figura 4.3 e Figura 4.4 verifica-se que a procura dos artigos é errática.

A variabilidade da procura dos artigos 20114 e 20136 das figuras, Figura 4.3 e Figura 4.4, é justificada pelo desvio padrão da procura não nula dos artigos ser respetivamente, 55,61 e 49,61 rolos/, ser próxima da média da procura não nula respetivamente, 55,56 e 56,52. (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 - ADI e CV dos artigos 20114 e 20136 da Delegação Norte

	20114	20136	Unidades
σ^+	55,61	49,61	Rolos/dia procura não nula
μ^+	55,56	56,52	Rolos/dia procura não nula
CV^2	1	0,77	-
ADI	1,32	1,32	dias

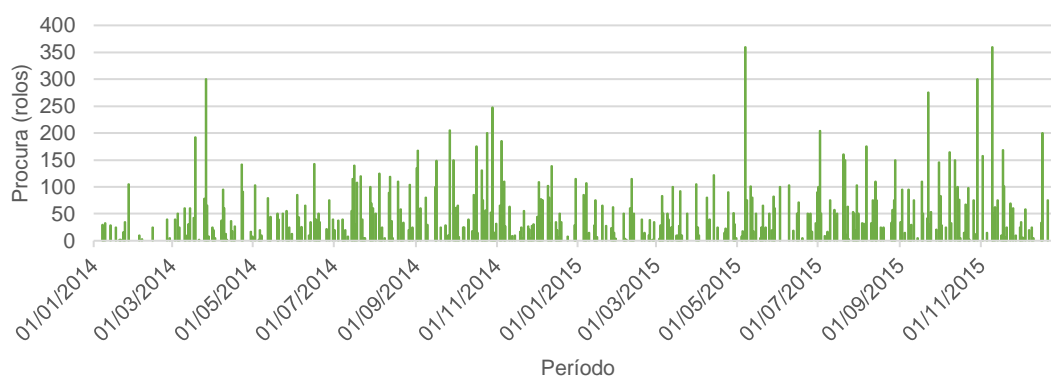


Figura 4.3 - Procura do artigo 20114 da Delegação Norte

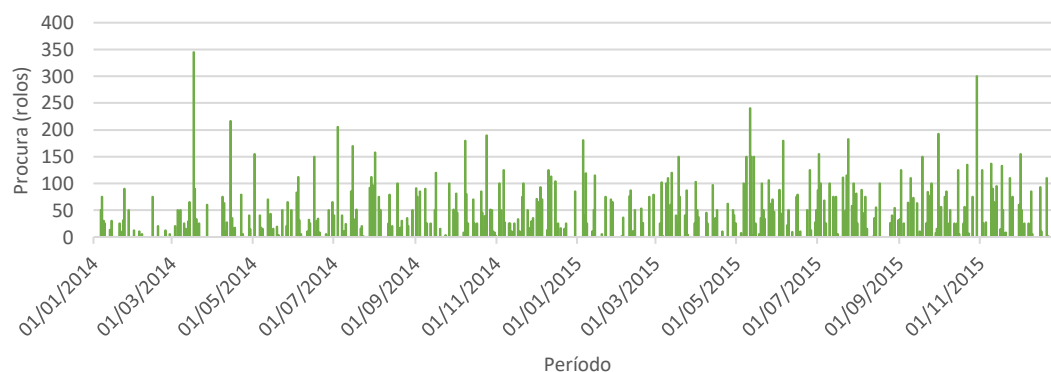


Figura 4.4 - Procura do artigo 20136 da Delegação Norte

O mesmo procedimento foi efetuado para os restantes artigos. Na Tabela 4.5 estão apresentados os tipos de procura dos artigos de classe A das delegações e sede. Os artigos não classificados não pertencem à classe A nas respetivas delegações e sede. O tipo de procura mais frequente é a procura errática.

Tabela 4.5 - Tipo de procura dos artigos da classe A das delegações e sede

	D. Norte	D. Imperlis	D. Sul	D. Centro	Sede
20114	Errática	Errática	Errática	Irregular	Errática
20136	Errática	Errática	Errática	Irregular	Errática
20536	Errática	Errática	Errática	-	Errática
20635	Errática	Errática	-	-	Errática
20644	Errática	-	-	Irregular	Errática
20654	Errática	-	-	-	Errática

Na delegação Centro os artigos apresentam uma procura irregular. A Figura 4.5 que mostra a procura do artigo 20114 ao longo do período 2014-2015, permite visualizar um intervalo entre procuras superior, apesar da variabilidade de procura permanecer elevada. Tal como se pode observar na Tabela 4.6, o ADI é igual a 3,14, o que significa um intervalo entre procurar elevado, e a variabilidade da procura mantém-se elevada com um CV^2 igual a 1,13.

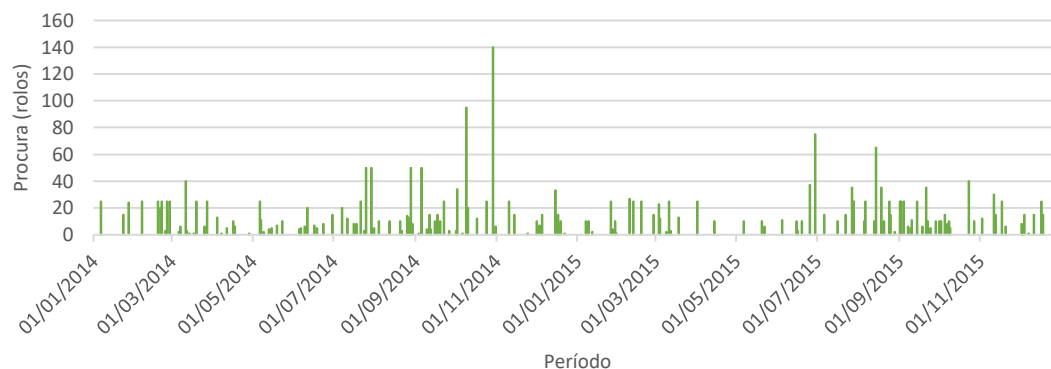


Figura 4.5 - Procura do artigo 20114 da Delegação Centro

Tabela 4.6 - ADI e CV^2 do artigo 20114 da Delegação Centro

	20114	Unidades
σ^+	16,07	Rolos/dia procura não nula
μ^+	17,11	Rolos/dia procura não nula
CV^2	1,13	-
ADI	3,14	dias

No Anexo A da Tabela A.1 estão presentes os valores do ADI e CV^2 dos artigos de classe A nas delegações e sede.

4.2.1.2 Distribuição estatística

A identificação da distribuição estatística da procura permite fazer uma seleção preliminar de alguns modelos de gestão de *stocks*, descritos na secção 2.6 Modelos de Gestão de *Stock* para artigos de reduzida taxa de rotação. O software utilizado para a determinação da distribuição estatística da procura foi o *XLSTAT*, que gera representações gráficas de ajuste através da escolha da distribuição pretendida, sendo os dois testes de hipóteses escolhidos o Qui-Quadrado (χ^2) e o Kolmogorov-Smirnov (K-S). As hipóteses consideradas para a realização destes testes são:

Hipótese nula (H_0): Os dados da procura do artigo ajustam-se à distribuição estatística

Hipótese alternativa (H_1): Os dados da procura do artigo não se ajustam à distribuição estatística

Se o valor de p for inferior a 0,05 isso significa que a hipótese nula (H_0) deve ser rejeitada, caso contrário, a hipótese nula não é rejeitada. Considera-se um nível de confiança de 95% em todos os artigos analisados.

Para cada artigo da sede e das delegações Norte, Centro, Sul e Imperlis ajustou-se a distribuição da procura diária dos anos 2014 e 2015 às distribuições estatísticas: Gama e Normal. A título de exemplo, será apresentado o ajustamento à procura do artigo 20114 da delegação Norte.

Ao analisar o ajustamento à distribuição Normal da procura do artigo 20114 na Delegação Norte, verifica-se que, usando o teste K-S, a hipótese nula é rejeitada, uma vez que o valor de p é muito inferior a 0,05. A hipótese nula do teste χ^2 também é rejeitada, uma vez que o valor de p é inferior a 0,0001.

Ao observar a Figura 4.6 verifica-se que o histograma do artigo 20114 apresenta uma distribuição não Normal. Assim, a distribuição Normal não se ajusta à procura do artigo 20114, pelo que não deve ser usada, uma vez que pode originar resultados não favoráveis.

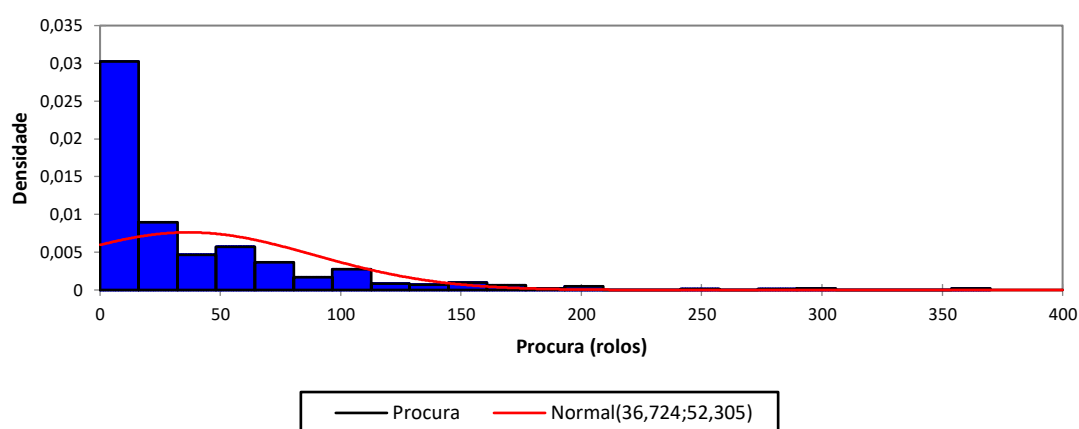


Figura 4.6 – Histograma de distribuição Normal da procura do artigo 20114 da Delegação Norte

A hipótese de os dados da procura seguirem a distribuição Gama é rejeitada quando usado o teste do Kolmogorov-Smirnov, dado que o valor de p é igual a 0,001. O mesmo se verifica no teste do Qui-Quadrado, uma vez que o valor de p é igual a 0,001, muito inferior ao nível de significância (0,05). Ao observar a Figura 4.7 verifica-se que os dados da procura não se ajustam a uma distribuição Gama.

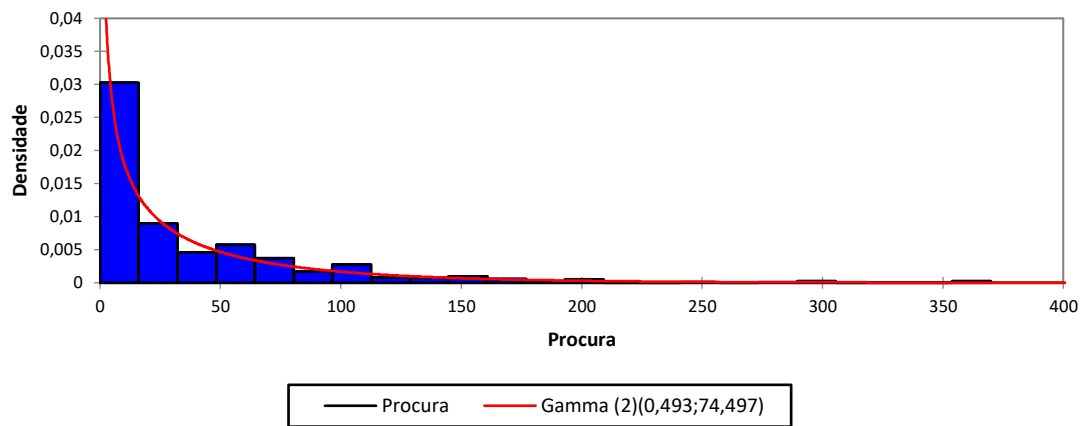


Figura 4.7 - Histograma de distribuição Gama da procura do artigo 20114 da Delegação Norte

Pode-se concluir que tanto a distribuição Gama como a Normal não se ajustam à procura do artigo. O mesmo se verifica nos restantes artigos desta delegação, e nos artigos em estudo das outras delegações e sede. Contudo, existem modelos de gestão de *stocks* que necessitam do ajustamento a uma distribuição probabilística. Logo, segundo Silver, Pyke & Peterson (1998) quando o coeficiente de variação é superior a 0,5 considera-se o ajustamento a uma distribuição Gama. Por exemplo, o coeficiente de variação (CV) do artigo 20114 é de 1,46, pelo que sendo superior a 0,5 é aconselhável o ajustamento da procura à distribuição Gama. Assim, a distribuição Gama será considerada nos modelos de gestão de *stocks* dos artigos em estudo que apresentam esta característica.

4.2.1.3 Restrições dos modelos de gestão de *stocks*

O conhecimento do prazo de entrega constante e a distribuição da procura permitem a seleção dos modelos de gestão de *stocks* referidos na revisão bibliográfica (secção 2.6), que se adequam aos artigos da classe A. Tal como referido na secção 4.2.1.2, a procura dos artigos não se ajusta a nenhuma distribuição. Assim, assumiu-se o ajustamento à distribuição Gama, uma vez que o coeficiente de variação é superior a 0,5, em todos os artigos analisados neste caso de estudo.

As distribuições Normal e Gama são as mais abordadas na literatura relativamente ao **modelo de Zipkin**. Se a distribuição Normal fosse ajustada aos dados da procura, poderia gerar valores negativos e, consequentemente, resultados não favoráveis. No entanto, a distribuição da procura não nula dos dados reais ajusta-se a uma distribuição Gama. Logo, o modelo de Zipkin ajustado à distribuição Gama é o modelo aplicado no caso de estudo. Para além disso, o modelo apresenta uma revisão contínua e um prazo de entrega constante.

O **modelo de Silver, Pyke & Peterson** apresenta uma revisão contínua, um prazo de entrega constante e uma distribuição da procura que é a Gama. Assim, pode-se aplicar este modelo aos artigos da classe A de todas as delegações e sede.

As **heurísticas de Normal Approximation e Power Approximation** não necessitam da determinação da distribuição da procura. Dado que a distribuição da procura é complicada de determinar quando existe uma elevada frequência de zeros, é vantajoso não haver a necessidade do ajustamento a uma distribuição probabilística. Uma vez que se tratam de heurísticas de revisão periódica serão aplicadas aos artigos das classes B da família das membranas betuminosas.

4.2.1.4 Modelos de previsão

Os modelos de previsão são úteis para obter a previsão da média e o desvio padrão da procura. O objetivo dos modelos de previsão é permitir a previsão da procura com a menor percentagem de erro possível. Normalmente os indicadores utilizados na minimização do erro são o erro absoluto médio (EAM) e o erro quadrático médio (EQM). O indicador aplicado no caso de estudo será o erro quadrático médio.

Syntetos *et al.* (2005) considera que para os artigos com procura errática deve ser utilizada a previsão do modelo de Syntetos & Boylan. No entanto, serão analisados os modelos de Croston e de Syntetos & Boylan, para verificar qual o modelo que melhor se ajusta à procura dos artigos em análise. Os modelos de previsão são analisados, a título de exemplo, ao artigo 20114 da delegação Norte, uma vez que o comportamento dos restantes artigos é semelhante ao artigo 20114.

No Anexo A da Tabela A.2 está presente um excerto da previsão determinado a partir do modelo de Croston da procura do artigo 20114. Depois de efetuada a previsão usando o modelo de Croston, é possível determinar o menor erro quadrático médio (EQM) e, consecutivamente, a constante de alisamento com o auxílio da ferramenta *solver* do *Microsoft Office Excel*. Para um EQM mínimo de 1398 rolos, presente na Tabela 4.7, a constante de alisamento (ω) é igual a 0,78. Alguns autores consideram que a constante de alisamento deve variar entre 0,05 e 0,2 (Syntetos *et al.*, 2005). Porém, quando aplicados esses valores o erro quadrático médio é muito superior.

A média e o desvio padrão da previsão da procura, são respetivamente, 40,45 rolos/dia e 34,83 rolos/dia. Ao observar a Tabela 4.7 verifica-se que a média e o desvio padrão da procura e da previsão da procura são inferiores à média e desvio padrão da procura não nula.

O modelo de Croston apresenta um bom ajustamento à procura (Figura 4.8), dado que a constante de alisamento é elevada (0,78), isto significa que a previsão da procura irá reagir rapidamente às alterações que ocorrem na procura. O modelo de Croston não consegue ajustar-se aos picos da procura, devido à elevada variabilidade da quantidade de procura.

Tabela 4.7 - Média e Desvio padrão do artigo 20114 da Delegação Norte

	Procura	Previsão da Procura	EQM da previsão da procura	Valor da Procura não nula
Média (μ) (rolos/dia)	36,06	40,45	1398	55,56
Desvio Padrão (σ) (rolos/dia)	48,95	34,83	-	55,56

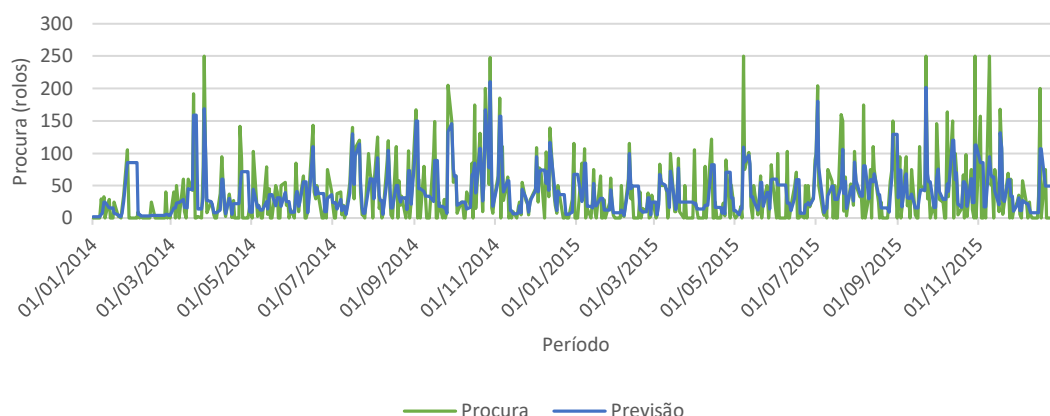


Figura 4.8 - Procura e Previsão do modelo de Croston da procura do artigo 20114 da Delegação Norte

O modelo de Syntetos & Boylan apresenta um EQM superior ao do modelo de Croston, com igual valor de constante de alisamento ($\omega=0,78$). A média e o desvio padrão da previsão da procura apresentam valores inferior aos valores do modelo de Croston e consecutivamente da procura Tabela 4.8.

Tabela 4.8 - Modelo de Previsão de Syntetos & Boylan

	Procura	Previsão da Procura	EQM da previsão da procura	Valor da Procura Real
Média (μ)(rolos/dia)	36,06	24,62	1616,68	55,56
Desvio Padrão (σ) (rolos/dia)	48,95	21,23	-	55,56

A Figura 4.9 apresenta a procura e a previsão da procura relativamente ao modelo de Syntetos & Boylan. A previsão da procura reage rapidamente, tal como seria previsto, uma vez que a constante de alisamento é elevada, dando maior ponderação ao período anterior. No entanto, este modelo não prevê quantidades de procura elevadas, não prevê quantidades de procura superiores a 200 rolos. Um excerto do modelo de previsão de Syntetos & Boylan ao artigo 20114 da delegação Norte encontra-se apresentado no Anexo A da Tabela A.3.

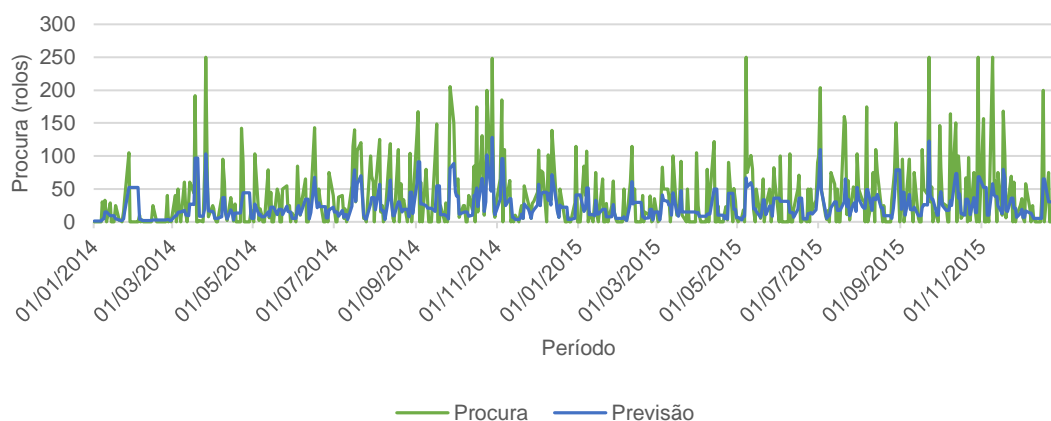


Figura 4.9 – Procura e Previsão do modelo de Syntetos & Boylan da procura do artigo 20114 da Delegação Norte

Depois de obtida a média e o desvio padrão da previsão da procura é possível determinar os parâmetros dos modelos de gestão de *stocks*. Com os dados da procura (anos de 2014 e 2015) e os parâmetros dos modelos de gestão de *stocks* é possível simular os modelos de gestão de *stocks*.

Depois de efetuada a simulação, verifica-se que a percentagem de rotura dos modelos de Zipkin e Silver, Pyke & Peterson é elevada (Tabela 4.9). Visto que, o ponto de encomenda é reduzido nos modelos de Zipkin e Silver, Pyke & Peterson, respetivamente, 139 e 89 rolos, ocorre uma maior probabilidade de rotura. Ou seja, o ponto de encomenda corresponde à quantidade necessária em armazém para satisfazer a procura durante o prazo de entrega, então, quando o ponto de encomenda é reduzido a quantidade existente em armazém não é suficiente para satisfazer a procura.

Visto que uma encomenda pode ser colocada quando o nível de *stock* é inferior ao ponto de encomenda e dado que a percentagem de rotura é elevada, em vez de ser encomendada a quantidade de encomenda (Q) são encomendadas n quantidades de encomenda ($n \times Q$) (Silver *et al.*, 1998).

No modelo de Zipkin houve a necessidade de encomendar n quantidades de encomenda, caso contrário as percentagens de rotura eram superiores a 10%. No modelo de Silver, Pyke & Peterson a quantidade de encomenda já era elevada, se se encomendasse n quantidades de encomenda era necessário dois veículos de transporte, pois um veículo não era suficiente.

O custo total é igual ao somatório dos custos de rotura, de posse e de encomenda. Ao observar a Tabela 4.9, verifica-se que o custo total real é inferior ao custo total dos modelos de gestão de *stocks*. Apesar do custo de posse e encomenda dos modelos de gestão de *stocks* serem inferiores aos custos reais, o custo de rotura dos modelos de gestão de *stocks* eleva o custo total.

Pelo facto de os custos totais dos modelos serem elevados houve a necessidade de encontrar outra alternativa. Assim, em vez da utilização da média e o desvio padrão da previsão da procura

para a determinação dos parâmetros dos modelos de gestão de *stocks*, utiliza-se a média e o desvio padrão da procura não nula.

Tabela 4.9 – Custo total simulado com um nível de serviço de 95%

Modelo Previsão	Modelo de gestão de stocks	Q (rolos)	s (rolos)	%Rotura	Custo Rotura	Custo Posse	Custo Encomenda	Custo Total
Croston	Zipkin	100	139	6,30	11 906,76 €	786,02 €	2 576 €	15 268,65 €
	Silver <i>et al.</i>	475	72	6,02	11 383,93 €	889,56 €	1 635 €	13 908,96 €
Syntetos & Boylan	Zipkin	75	82	9,71	18 368,18 €	586,44 €	5 152 €	24 106,36 €
	Silver <i>et al.</i>	475	29	6,40	12 104,06 €	1 505,12 €	818 €	14 426,91 €
Dados Reais		-	-	0	0€	1 916,80 €	7 318,74 €	9 235,54 €

4.2.2 Fase II

Na fase II, com base nos valores do prazo de entrega e dos custos de posse, encomenda e rotura são determinados os parâmetros dos modelos de gestão de *stocks*. Segue-se a simulação dos modelos, com os parâmetros obtidos na etapa anterior, para o ano 2014 e 2015, considerando níveis de serviço entre 95% e 99%. Os modelos com os níveis de serviço que apresentam o menor custo total são então simulados com os dados referentes ao ano de 2016.

Uma vez que o procedimento a realizar para adequar o modelo de gestão de *stocks* é igual para todos os artigos, este será ilustrado, a título de exemplo, considerando o artigo 20114 da delegação Norte.

4.2.2.1 Determinação dos parâmetros dos modelos de gestão de *stocks*

Para a determinação dos parâmetros dos modelos de Zipkin e Silver, Pyke & Peterson para um determinado artigo é necessário conhecer a média e o desvio padrão da procura não nula, o prazo de entrega e os custos de posse, encomenda e rotura desse artigo.

A média (μ^+) e o desvio padrão (σ^+) da procura não nula do artigo 20114 é respetivamente, 55,56 e 55,61 rolos/dia procura não nula. A média (μ_L^+) e o desvio padrão (σ_L^+) da procura não nula durante o prazo de entrega de ambos os modelos (Zipkin e Silver, Pyke & Peterson) é dado por respetivamente, 111,13 e 78,66 rolos (Tabela 4.10).

Tabela 4.10 - Parâmetros do artigo 20114 da Delegação Norte

Parâmetros	Valores	Unidades
μ^+	55,57	rolos/dia procura não nula
σ^+	55,62	rolos/dia procura não nula
L	2,00	dia
μ_L^+	111,13	rolos
σ_L^+	78,66	rolos

Obtidos os valores μ_L^+ e σ_L^+ é possível determinar os parâmetros alfa (α_G) e beta (β_G), cujos valores são 2 e 55,67, respetivamente, necessários para a determinação dos parâmetros do ponto de encomenda (s) e quantidade encomendada (Q) dos modelos Zipkin e Silver, Pyke & Peterson, presentes na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 – Parâmetros alfa e beta da distribuição Gama do artigo 20114 da Delegação Norte

Parâmetros	Valores
α_G	2,00
β_G	55,67

Com os valores de alfa (α_G) e beta (β_G) é possível determinar os parâmetros do **modelo Zipkin**. Assim, com o auxílio da ferramenta *solver* do *Microsoft Office Excel*, que irá variar o ponto de encomenda (s) até obter-se uma função H(s) mínima. Para obter a função H(s) é necessário determinar as funções presentes na Tabela 4.12, anteriormente abordadas na secção 2.6.1.1 respeitante ao Modelo de Zipkin.

Assim, para um nível de serviço de 95% obtém-se um H(s) mínimo de 651,84, para um ponto de encomenda (s) e uma quantidade a encomendar (Q) de, 212 e 144 rolos, respetivamente (Tabela 4.13).

Tabela 4.12 - Funções do modelos Zipkin

Designação	Sigla	Valores
Função probabilidade complementar de s	F0(s)	0,1064
Função perda de 1º grau de s	F1(s)	7,1505
Função perda de 2º grau de s	F2(s)	466,3689
Função cumulativa de s	F(s)	0,8936
Função densidade de s	$\varphi(s)$	0,0015
Função probabilidade complementar de s+Q	F0(s+Q)	0,0123
Função perda de 1º grau de s+Q	F1(s+Q)	0,7771
Função perda de 2º grau de s+Q	F2(s+Q)	48,3953
Função cumulativa de s+Q	F(s+Q)	0,9877
Função densidade de s+Q	$\varphi(s+Q)$	0,0002

Tabela 4.13 - Parâmetros do modelo Zipkin para um nível de serviço de 95%

	Sigla	Valores	Unidade
Função minimizante	H(s)	651,84	-
Quantidade encomendada	Q	144,00	rolos
Ponto de encomenda	s	211,88	rolos

Na Tabela 4.14 estão presentes as medidas de desempenho do modelo de Zipkin para um nível de serviço de 95%. Com os parâmetros s e Q determinados a atualização do modelo de Zipkin

permite, teoricamente, obter uma percentagem de rotura de 4%, sendo a quantidade média não entregue de 2,9 rolos/encomenda e um *stock* médio de 176 rolos.

Tabela 4.14 - Medidas de desempenho do modelo Zipkin

Designação	Sigla	Valores	Unidade
Percentagem não entregue	A	4,00	%
Quantidade não entregue	B	2,90	rolos/encomenda
Stock Médio	I	176,16	rolos

Dado que o procedimento é o mesmo para os restantes níveis de serviço, na Tabela 4.15 apresentam-se os valores dos parâmetros s e Q para cada um. Constata-se que com o aumento do nível de serviço o ponto de encomenda também aumenta, como seria de esperar. De facto, o aumento do ponto de encomenda promove a existência de uma maior quantidade do artigo em armazém durante o prazo de entrega, pelo que reduz a probabilidade de rotura. Por outro lado, a quantidade a encomendar diminui, uma vez que o ponto de encomenda é superior e não há necessidade de encomendar quantidades tão elevadas.

Tabela 4.15 - Parâmetros do modelo Zipkin para níveis de serviço entre 95% e 99%

Parâmetros	Níveis de serviço				
	95%	96%	97%	98%	99%
s	212	227	247	274	320
Q	144	142	141	140	137

No **modelo de Silver, Pyke & Peterson** para além dos valores de alfa (α_G) e beta (β_G) também é necessário calcular a quantidade de encomenda (Q). O arredondamento da Q é efetuado de acordo com Axsater (2010). Assim, a quantidade económica de encomenda é arredonda por excesso para 466 rolos.

Com o auxílio da ferramenta *solver* do *Microsoft Office Excel* determina-se o valor do ponto de encomenda (s) para um valor de *fill rate* desejado. Para um *fill rate* de 95% e uma quantidade de encomenda igual a 466 rolos, obtém-se uma quantidade média de rotura, $ES(s)$, de 23,3 rolos e um ponto de encomenda de 129,9 rolos (Figura 4.10).



Figura 4.10 - Parâmetros do modelo de Silver, Pyke & Peterson

A quantidade de encomenda não varia com o nível de serviço, mas o ponto de encomenda aumenta quando aumenta o nível de serviço (Tabela 4.16), tal como se verificou no modelo de Zipkin.

Tabela 4.16 - Parâmetros do modelo de Silver, Pyke & Peterson com níveis de serviço entre 95% e 99%

Parâmetros	Níveis de serviço				
	95%	96%	97%	98%	99%
s	130	146	167	194	241
Q	466	466	466	466	466

Os parâmetros *s* e *Q* dos modelos de gestão de *stocks* Zipkin e de Silver, Pyke & Peterson dos artigos das delegações e da sede estão presentes no anexo B das Tabela B.1 e Tabela B.2, respetivamente.

4.2.2.2 Simulação dos anos 2014 e 2015

Conhecidos os parâmetros dos modelos de gestão de *stocks* dos artigos, pode-se efetuar a simulação com o histórico da procura e verificar quais os níveis de serviço que apresentam o menor custo total. Com o auxílio do *Microsoft Office Excel* é possível simular automaticamente os modelos para os diferentes níveis de serviço entre 95% e 99%.

Dado que uma palete permite acomodar 25 rolos, a quantidade a encomendar de 144 rolos do modelo Zipkin, corresponde a 5,76 paletes. De maneira a utilizar a totalidade da capacidade das paletes, a quantidade a encomendar será de 150 rolos, ou seja, 6 paletes. Assim, a utilização das paletes é realizada de modo eficiente.

A Tabela 4.17 apresenta um excerto da simulação do modelo de Zipkin quando aplicada ao artigo 20114 na Delegação Norte. Na inicialização da simulação considerou-se que o *stock* inicial corresponde ao *stock* existente em armazém no início do ano de 2014, sendo essa quantidade de 474 rolos. A coluna da procura, apresenta as vendas diárias realizadas. Por exemplo, no dia 26 de março de 2014 foram vendidos 300 rolos resultando de três vendas, uma de 25 rolos, outra de 125 rolos e ainda outra de 150 rolos. A coluna rotura real considera a rotura que ocorreu no dia a que diz respeito e a coluna rotura agrega a quantidade de procura que ainda não foi satisfeita. Por exemplo, no dia 26 de março de 2014 houve uma rotura de 37 rolos, no dia seguinte, apenas houve uma rotura de 65 rolos. Porém, no dia 27 de março os 37 rolos ainda não tinham sido satisfeitos pelo que corresponde a uma rotura de 102 rolos.

Quando se encomenda sempre que necessário a quantidade de 150 rolos verifica-se que a percentagem de rotura da simulação é de 7%. Tal como referido na revisão bibliográfica na secção 2.6.1.1, quando a rotura é elevada aconselha-se a encomendar quantidades múltiplas de *Q*. Logo, como ocorreu rotura elevada, a quantidade a encomendar deve ser correspondente a

2Q, ou seja, 300 rolos, tal como se pode observar no dia 26 de março de 2014 na Tabela 4.17. Assim, a percentagem de rotura passa a ser de 5,14%.

Tabela 4.17 - Simulação do modelo Zipkin para a gestão do ao artigo 20114 na Delegação Norte com um nível de serviço de 95%

Dias	Procura (rolos)	Stock Inicial (rolos)	Stock Final (rolos)	Rotura (rolos)	Rotura Real (rolos)	Encomendas (rolos)
01/01/2014	0	474	474	0	0	0
02/01/2014	0	474	474	0	0	0
03/01/2014	0	474	474	0	0	0
06/01/2014	0	474	474	0	0	0
07/01/2014	30	474	444	0	0	0
...
20/03/2014	0	193	193	0	0	150
21/03/2014	2	193	191	0	0	0
24/03/2014	0	341	341	0	0	0
25/03/2014	78	341	263	0	0	0
26/03/2014	300	263	0	37	37	300
27/03/2014	65	0	0	102	65	0
28/03/2014	8	300	190	0	0	150
...
28/12/2015	0	234	234	0	0	0
29/12/2015	20	234	214	0	0	0
30/12/2015	10	214	204	0	0	150
31/12/2015	0	204	204	0	0	0

No modelo de Silver, Pyke & Peterson, a quantidade a encomendar também é arredondada por excesso, de modo a utilizar a capacidade total das paletes. Assim, a encomenda é de 475 rolos, ou seja, 19 paletes, em vez dos 466 rolos calculados anteriormente. Neste modelo utiliza-se o mesmo raciocínio utilizado no modelo Zipkin. No entanto, visto que o nível de serviço pretendido é de 95% e que a rotura é de 3,38%, a quantidade a encomendar é sempre de 475 rolos não sendo necessário encomendar quantidade múltiplas de Q.

Verifica-se na Tabela 4.18 que quando ocorre rotura não há necessidade de efetuar uma nova encomenda, nem uma quantidade múltipla de Q. O modelo de Silver, Pyke & Peterson ajusta-se à procura com uma quantidade de encomenda elevada, promovendo um reduzido número de encomendas.

O mesmo procedimento de simulação é efetuado para o artigo 20114 na delegação Norte considerando os restantes níveis de serviço (96% a 99%) e os respetivos parâmetros dos modelos de Zipkin e de Silver, Pyke & Peterson.

A análise comparativa dos dois modelos considerando um nível de serviço de 95% permite constatar que o modelo de Silver, Pyke & Peterson apresenta um melhor comportamento comparativamente com o modelo Zipkin e a percentagem de rotura também é mais reduzida (Tabela 4.19). O modelo de Silver, Pyke & Peterson continua a ser mais vantajoso apesar do custo de posse ser muito superior ao modelo de Zipkin.

Tabela 4.18 - Simulação do modelo Silver, Pyke & Peterson para gestão do artigo 20114 na Delegação Norte com um nível de serviço de 95%

Dia	Procura (rolos)	Stock Inicial (rolos)	Stock Final (rolos)	Rotura (rolos)	Rotura Real (rolos)	Encomendas (rolos)
01/01/2014	0	474	474	0	0	0
02/01/2014	0	474	474	0	0	0
03/01/2014	0	474	474	0	0	0
06/01/2014	0	474	474	0	0	0
07/01/2014	30	474	444	0	0	0
...
26/03/2014	300	463	163	0	0	0
27/03/2014	65	163	98	0	0	475
...
20/07/2015	160	179	19	0	0	475
21/07/2015	150	19	0	131	131	0
22/07/2015	11	475	333	0	0	0
23/07/2015	63	333	270	0	0	0
24/07/2015	3	270	267	0	0	0
27/07/2015	53	267	214	0	0	0
...
29/12/2015	20	334	314	0	0	0
30/12/2015	10	314	304	0	0	0
31/12/2015	0	304	304	0	0	0

Tabela 4.19 - Custo total dos modelos de Zipkin e Silver, Pyke & Peterson com um nível de serviço de 95% da Delegação Norte

Modelo	Q (rolos)	s (rolos)	%Rotura	Custo Rotura	Custo Posse	Custo Encomenda	Custo Total
Zipkin	150	212	5,14%	9 716,78 €	762,13 €	4 947 €	15 426,22 €
Silver, Pyke & Peterson	475	130	3,38%	6 392,36 €	1 029,34 €	1 635 €	9 057,18 €

A Tabela 4.20 apresenta os custos dos dois modelos para o artigo 20114 e diferentes níveis de serviço. Como se pode constatar, com o aumento do nível de serviço o custo de rotura diminui e o custo de posse aumenta, tal como seria expectável.

Tabela 4.20 – Custos resultante dos modelos de Zipkin e de Silver, Pyke & Peterson para o artigo 20114 da Delegação Norte com níveis de serviço entre 96% e 99%

Nível Serviço	Modelo	Q (rolo)	s (rolo)	Rotura	Custo Rotura	Custo Posse	Custo Encomenda	Custo Total
96%	Zipkin	150	228	1,42%	2 683,21 €	1 127,98 €	4 906 €	8 717,61 €
	Silver, Pyke & Peterson	475	146	1,18%	2 229,43 €	1 130,14 €	1 635 €	4 995,05 €
97%	Zipkin	150	247	0,99%	1 864,44 €	1 192,60 €	4 988 €	8 045,23 €
	Silver, Pyke & Peterson	475	167	1,09%	2 051,87 €	1 189,13 €	1 635 €	4 876,47 €
98%	Zipkin	150	274	0,86%	1 617,82 €	1 267,28 €	4 947 €	7 832,41 €
	Silver, Pyke & Peterson	475	194	1,03%	1 943,36 €	1 254,69 €	1 635 €	4 833,52 €
99%	Zipkin	150	320	0,45%	858,23 €	1 420,29 €	5 152 €	7 430,27 €
	Silver, Pyke & Peterson	475	241	0,05%	88,78 €	1 490,10 €	1 635 €	3 214,35 €

Dado que 6 artigos pertencem à classe A, optou-se por apresentar os custos resultantes dos restantes artigos dos dois modelos de gestão de *stocks* com níveis serviço entre 95% a 99% da delegação Norte, presentes no Anexo B da Tabela B.3. O mesmo procedimento é realizado nos artigos de classe A da sede e das delegações Centro, Sul e Imperlis.

4.2.2.3 Determinação do nível de serviço por modelo

Efetuada as simulações dos modelos com base no histórico da procura de 2014 e 2015 para o artigo 20114 e diferentes níveis de serviço, é possível verificar qual o nível de serviço de cada modelo que apresenta o menor custo total.

Assim, na Tabela 4.21 estão presentes os custos totais do artigo 20114 da delegação Norte, com níveis de serviço entre 95% e 99%. Verifica-se que o custo total é inferior com um nível de 99%. Este comportamento deve-se ao facto da coluna do custo de rotura com um nível de serviço de 99% ser inferior ao dos outros níveis de serviço. Por outro lado, os custos de posse e de encomenda com um nível de serviço de 99% são ligeiramente superiores, uma vez que um nível de serviço elevado implica um maior nível de *stock*, e eventualmente, um maior número de encomendas. Porém, mesmo que os custos de posse e encomenda sejam superiores, o custo de rotura é muito inferior quando o nível de serviço aumenta. Constata-se que o nível de serviço de 99% é o que apresenta melhores resultados no modelo de Zipkin.

Quanto ao modelo de Silver, Pyke & Peterson, verifica-se que o nível de serviço que apresenta menor custo total é o de 99%. Apesar do custo de posse ser elevado, o custo de rotura não é tão elevado quanto o do modelo de Zipkin. Uma vez que, o custo unitário de rotura é elevado torna-se vantajoso ter mais *stock* em armazém para reduzir a rotura (Tabela 4.22).

Tabela 4.21 - Custos do modelo de Zipkin quando aplicado ao artigo 20114 na Delegação Norte com níveis de serviço entre 95% e 99%

Nível de serviço (%)	Custo Rotura	Custo Posse	Custo Encomenda	Custo total
95	9 716,78 €	762,13 €	4 947 €	15 426,22 €
96	2 683,21 €	1 127,98 €	4 906 €	8 717,61 €
97	1 864,44 €	1 192,60 €	4 988 €	8 045,23 €
98	1 617,82 €	1 267,28 €	4 947 €	7 832,41 €
99	858,23 €	1 420,29 €	5 152 €	7 430,27 €

Tabela 4.22 - Custos do modelo de Silver, Pyke & Peterson quando aplicado ao artigo 20114 na Delegação Norte com níveis de serviço entre 95% e 99%

Nível de serviço (%)	Custo Rotura	Custo Posse	Custo Encomenda	Custo total
95	6 392,36 €	1 029,34 €	1 635 €	9 057,18 €
96	2 229,43 €	1 130,14 €	1 635 €	4 995,05 €
97	2 051,87 €	1 189,13 €	1 635 €	4 876,47 €
98	1 943,36 €	1 254,69 €	1 635 €	4 833,52 €
99	88,78 €	1 490,10 €	1 635 €	3 214,35 €

Comparando os custos resultantes dos modelos de gestão de *stock* que implicam menores custos com os custos da gestão realizada na empresa (Tabela 4.23), verifica-se que ambos os modelos apresentam um custo total menor do que o custo total real. Apesar da gestão realizada pela empresa não apresentar roturas, os custos de posse e de encomenda são superiores aos custos dos dois modelos. O modelo de gestão de *stocks* do artigo 20114 na delegação Norte que apresenta o menor custo total é o modelo de Silver, Pyke & Peterson, com uma redução do custo de 6021,19€ relativamente à gestão realizada pela empresa, a que corresponde uma redução do custo de 65%

Tabela 4.23 – Custos dos modelos e da gestão da empresa dos anos 2014 e 2015 para o artigo 20114 na Delegação Norte

	Nível Serviço Escolhido	Rotura	Custo Rotura	Custo Posse	Custo Encomenda	Custo total	Diferença
Dados Reais 2014 e 2015	-	-	-	1 916,80 €	7 318,74 €	9 235,54 €	
Modelo Zipkin	99%	0,45%	858,23 €	1 420,29 €	5 151,74 €	7 430,27 €	-1 805,27 €
Modelo Silver, Pyke & Peterson	99%	0,05%	88,78 €	1 490,10 €	1 635,47 €	3 214,35 €	-6 021,19 €

No Anexo B da Tabela B.4 apresentam-se os modelos de gestão de *stocks* com o menor custo total para os artigos da classe A de todas as delegações e da sede.

4.2.2.4 Simulação do ano 2016

Com os parâmetros dos modelos relativos aos melhores níveis de serviço é possível simular os dados do ano 2016 e verificar se o comportamento dos modelos se mantém. A simulação do ano 2016 considera os mesmos procedimentos considerados na secção 4.2.2.2 Simulação dos anos 2014 e 2015.

Ao observar a Tabela 4.24 constata-se que ambos os modelos apresentam custos totais inferiores relativamente à gestão realizada pela empresa. Uma vez que, o número de encomendas realizadas pela empresa no ano 2016 foi superior ao necessário. O modelo de Silver, Pyke & Peterson apresenta menores custos de posse e encomenda, o que corresponde a uma redução de custo de 1 456€, ou seja, a uma redução de 63% relativamente ao custo real.

Tabela 4.24 - Custos dos modelos e da gestão da empresa do ano 2016 para o artigo 20114 na Delegação Norte

	Nível serviço (%)	Rotura	Custo Rotura	Custo Posse	Custo Encomenda	Custo Total	Diferença
Dados reais 2016	-	-	- €	2 607,64 €	1 390,15 €	3 997,80 €	
Modelo Zipkin	99	0,00%	- €	2 433,15 €	449,76 €	2 882,90 €	- 1 114,89 €
Modelo Silver, Pyke & Peterson	99	0,00%	- €	2 132,91 €	408,87 €	2 541,78 €	- 1 456,02 €

O modelo aplicado ao artigo 20114 da Delegação Norte seria o modelo de Silver, Pyke & Peterson. Porém, é mais vantajoso para a empresa escolher um modelo que seja aplicado a todos os artigos de classe A de cada delegação e sede.

4.2.3 Fase III

Após a simulação do histórica da procura nos anos 2014, 2015 e 2016 a todos os artigos de todas as delegações e sede é possível determinar qual o modelo aplicado em cada uma das delegações e sede aos artigos da classe A.

A Tabela 4.25 apresenta os custos totais usando os dados reais e aplicando os modelos. Neste caso são apresentados os valores correspondentes aos níveis de serviço que implicam menores custos, de todos os artigos da delegação Norte. A coluna diferença corresponde à diferença entre o custo total do modelo e o custo total usando os dados reais. O modelo de Silver, Pyke & Peterson é o que apresenta menor custo total, nos anos 2014 e 2015, em todos os artigos da delegação Norte.

Tabela 4.25 - Custos totais dos modelos com melhor nível de serviço em 2014 e 2015 da Delegação Norte

Artigo	Nível Serviço (%)		Custo Total	Diferença
20114	-	Dados Reais	9 235,54 €	
	99	Modelo de Zipkin	7 430,27 €	-1 805,27 €
	99	Modelo de Silver, Pyke & Peterson	3 214,35 €	-6 021,19 €
20136	-	Dados Reais	10 055,65 €	
	99	Modelo de Zipkin	6 978,31 €	-3 077,35 €
	99	Modelo de Silver, Pyke & Peterson	4 930,39 €	-5 125,27 €
20536	-	Dados Reais	9 218,50 €	
	99	Modelo de Zipkin	4 151,22 €	-5 067,27 €
	99	Modelo de Silver, Pyke & Peterson	3 356,65 €	-5 861,84 €
20654	-	Dados Reais	8 469,27 €	
	98	Modelo de Zipkin	5 119,19 €	-3 350,08 €
	99	Modelo de Silver, Pyke & Peterson	3 445,82 €	-5 023,45 €
20644	-	Dados Reais	8 141,81 €	
	99	Modelo de Zipkin	5 314,09 €	-2 827,71 €
	99	Modelo de Silver, Pyke & Peterson	3 973,15 €	-4 168,66 €
20635	-	Dados Reais	7 653,18 €	
	96	Modelo de Zipkin	5 084,78 €	-2 568,40 €
	99	Modelo de Silver, Pyke & Peterson	3 480,76 €	-4 172,42 €

A análise da Tabela 4.26 permite verificar que no ano 2016 o modelo de Silver, Pyke & Peterson é o que apresenta melhores resultados em todos os artigos da delegação Norte, tal como se

verifica com os valores de 2014 e 2015. Constata-se também que o nível de serviço é de 99%, uma vez que o custo total de rotura é inferior comparativamente com os restantes níveis de serviço. Assim, é vantajoso um nível de serviço elevado que origine menor probabilidade de rotura, apesar de o custo de posse ser superior.

Tabela 4.26 - Custos totais dos modelos e dados reais relativos a 2016, da Delegação Norte

Artigo	Nível Serviço (%)		Custo Total	Diferença
20114	-	Dados Reais	3 997,80 €	
	99	Modelo de Zipkin	2 832,68 €	-1 165,11 €
	99	Modelo de Silver, Pyke & Peterson	2 541,78 €	-1 456,02 €
20136	-	Dados Reais	4 245,19 €	
	99	Modelo de Zipkin	3 924,21 €	-320,98€
	99	Modelo de Silver, Pyke & Peterson	3 825,41 €	-419,78 €
20536	-	Dados Reais	3 650,96 €	
	99	Modelo de Zipkin	2 970,80 €	-680,15 €
	99	Modelo de Silver, Pyke & Peterson	1 947,56 €	-1 703,40 €
20654	-	Dados Reais	3 558,64 €	
	98	Modelo de Zipkin	4 752,27 €	1 193,62 €
	99	Modelo de Silver, Pyke & Peterson	3 473,85 €	-84,80 €
20644	-	Dados Reais	3 169,88 €	
	99	Modelo de Zipkin	3 184,67 €	14,79 €
	99	Modelo de Silver, Pyke & Peterson	2 306,63 €	-863,25 €
20635	-	Dados Reais	3 882,16 €	
	96	Modelo de Zipkin	3 400,23 €	-481,93 €
	99	Modelo de Silver, Pyke & Peterson	3 180,64 €	-701,52 €

O somatório da diferença entre o custo total aplicando um modelo e os obtidos com os dados reais para cada período de tempo analisado é apresentado na Tabela 4.27.

Tabela 4.27 - Diferença total dos artigos da classe A da Delegação Norte

	Ano 2014 e 2015	Ano 2016
Modelo	Diferença Total	Diferença Total
Zipkin	-21 418,65 €	-1 439,76 €
Silver, Pyke & Peterson	-30 372,84 €	-5 228,76 €

Assim, o modelo aplicado aos artigos da classe A da delegação Norte será o de Silver, Pyke & Peterson. Este modelo apresenta uma diferença do custo total real no ano 2014 e 2015 de 30.372€ e no ano de 2016 de 5.228€.

Fazendo uma análise semelhante para as outras delegações e sede pode concluir-se o modelo que deve ser aplicado aos artigos da classe A em cada delegação e sede. Na Tabela 4.28 a coluna “Diferença entre o custo total do modelo e custo total real” corresponde ao quociente entre

o somatório das diferenças do modelo de gestão de *stocks* e o somatório do custo total real dos artigos da classe A. Constatou-se que na delegação Imperlis o modelo que apresenta maior percentagem de diferença em ambos os períodos de análise é o modelo de Silver, Pyke & Peterson. Por outro lado, as delegações Sul e Centro e a sede no primeiro período de análise, ano 2014 e 2015, apresentam resultados diferentes do segundo período de análise, ano 2016. Por exemplo, o modelo que apresenta melhores resultados no ano 2014 e 2015 da sede é o Silver, Pyke & Peterson, porém, no ano 2016 é o modelo Zipkin.

Tabela 4.28 - Diferenças percentuais entre os modelos de gestão de *stocks* e o custo total real dos artigos da classe A em cada delegação e sede

	Modelo de Gestão de <i>stocks</i>	Anos 2014 e 2015	Ano 2016
		Diferença total entre o custo total do modelo e o custo total real	Diferença total entre o custo total do modelo e o custo total real
Delegação Sul	Zipkin	-41%	-37%
	Silver, Pyke & Peterson	-59%	-32%
Delegação Imperlis	Zipkin	-6%	-11%
	Silver, Pyke & Peterson	-36%	-13%
Delegação Centro	Zipkin	-10%	-2%
	Silver, Pyke & Peterson	-7%	-7%
Sede	Zipkin	-33%	-48%
	Silver, Pyke & Peterson	-43%	-42%

A razão pela qual os resultados do primeiro período de análise, ano 2014 e 2015, são diferentes do segundo período de análise, ano 2016, está relacionado com o aumento ou diminuição da quantidade procurada no ano 2016. Ou seja, tomando como exemplo o artigo 20114 da sede verifica-se que a sazonalidade se mantém (Figura 4.11), porém, a quantidade procurada nos primeiros sete meses do ano 2016 é superior aos anos de 2014 e de 2015. Daí, o modelo de Silver, Pyke & Peterson apresentar piores resultados no ano 2016 do que nos anos 2014 e 2015. No anexo C estão presentes as figuras dos restantes artigos de classe A na sede.

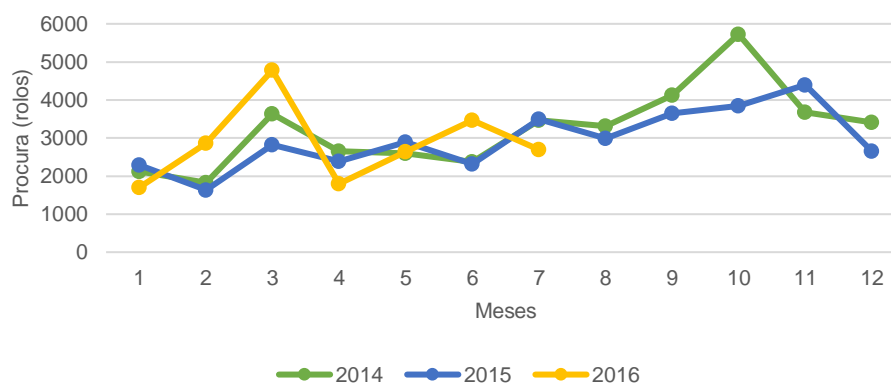


Figura 4.11 - Procura do artigo 20114 da Sede nos anos 2014, 2015 e 2016

Dado que será aplicado apenas um modelo por delegação e sede, é necessário determinar qual o modelo que apresenta custos totais reduzidos. Assim, na sede será aplicado o modelo de Zipkin. Isto porque, o modelo de Zipkin apresenta uma percentagem de redução de 48% no ano 2016 superior à aplicada pelo modelo de Silver, Pyke & Peterson nos anos 2014 e 2015.

Os modelos aplicados a cada uma das delegações são os apresentados na Tabela 4.29. Constatase que o modelo Silver, Pyke & Peterson é o que apresenta melhores resultados nas delegações que apresentam procura errática e o modelo Zipkin na delegação que apresenta uma procura irregular.

Tabela 4.29 - Modelos aplicados às delegações e sede dos artigos da classe A

	D. Norte	D. Sul	D. Imperlis	D. Centro	Sede
Modelo	Silver, Pyke & Peterson	Silver, Pyke & Peterson	Silver, Pyke & Peterson	Zipkin	Zipkin

Os modelos devem ser revistos anualmente devido à alteração do comportamento da procura dos artigos da classe A.

4.3 Classe B

Nesta secção são aplicadas três fases aos artigos da classe B das delegações. Apesar de serem analisados apenas 4 artigos é possível caracterizar o comportamento dos modelos de gestão de *stocks* e concluir qual o modelo que apresenta melhores resultados. Os artigos da classe B analisados por delegação são os identificados na Tabela 4.30.

Tabela 4.30 - Artigos da classe B das delegações e Sede

Artigo	Delegação Centro	Delegação Imperlis	Delegação Sul
20536	✓		✓
20644		✓	
20654	✓	✓	✓
20635	✓		✓
✓ - Artigos classificados na classe B			

4.3.1 Fase I

A fase I corresponde à determinação dos modelos a serem aplicados aos artigos da classe B. Uma vez que será considerada uma revisão periódica, os modelos que podem ser aplicados são as heurísticas de *Power Approximation* e *Normal Approximation*. Dado que as heurísticas não necessitam do ajuste a uma distribuição não será aplicada a etapa da distribuição estatística.

Logo, as etapas a aplicar nesta fase são a determinação do tipo de procura e a aplicação dos modelos de previsão aos artigos da classe B.

4.3.1.1 Tipo de Procura

Os pressupostos utilizados nos artigos da classe A são os mesmos que são aplicados aos artigos da classe B. Assim, é necessário calcular o ADI e o CV^2 dos artigos e identificar o tipo de procura que os caracteriza.

A Figura 4.12 apresenta o comportamento do artigo 20654 da delegação Imperlis. Verifica-se que o intervalo entre procuras e a variabilidade da procura é elevado.

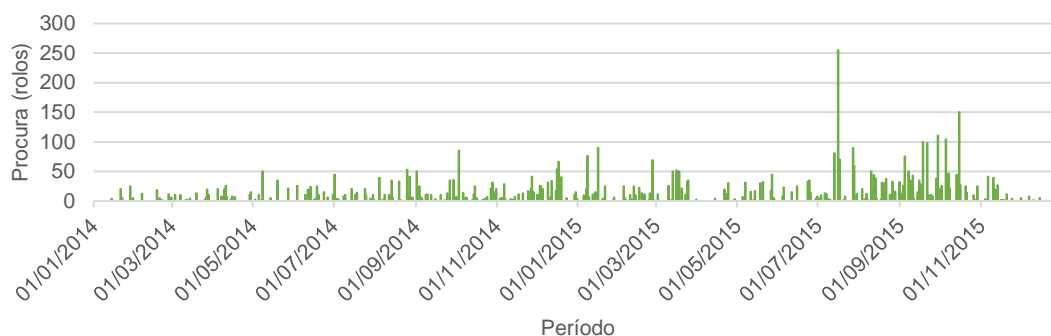


Figura 4.12 - Procura do artigo 20654 da Delegação Imperlis

Na Tabela 4.31 verifica-se que o desvio padrão da procura não nula é superior à media da procura do artigo 20654, logo o CV^2 é elevado. O ADI também é elevado, logo o intervalo entre procuras é elevado.

Tabela 4.31 - ADI e CV do artigo 20654 da Delegação Imperlis

	Valor	Unidades
μ^+	19,14	rolos/dia
σ^+	23,15	rolos/dia
CV^2	1,463	-
ADI	1,68	dias

O artigo 20654 é irregular, uma vez que o ADI e o CV^2 são superiores a, respetivamente, 1,32 dias e 0,49. Pode-se constatar na Tabela 4.32, que a procura de todos os artigos é classificada como irregular. Os artigos que não estão classificados na Tabela 4.32 correspondem aos artigos da classe A. No Anexo D da Tabela D.2, são apresentados os valores de ADI e CV^2 de cada um dos artigos.

Tabela 4.32 - Tipo de procura aos artigos da classe B

Artigo	Delegação Imperlis	Delegação Sul	Delegação Centro
20536	-	-	Irregular
20635	-	Irregular	Irregular
20644	Irregular	Irregular	-
20654	Irregular	Irregular	Irregular

4.3.1.2 Modelo de Previsão

Tal como foi referido na revisão bibliográfica na secção 2.6.2, as heurísticas *Power Approximation* e *Normal Approximation* foram aplicadas por Teunter *et al.*, de modo a determinar qual a heurística que apresentava menores custos totais.

Teunter *et al.* aplicaram os modelos de previsão de Croston, de Syntetos & Boylan e do alisamento exponencial. Na dissertação este último modelo de previsão não será aplicado uma vez que não existem artigos em que a procura a ocorra em todos os períodos de tempo. Assim, a título de exemplo, será analisado o comportamento dos modelos de Croston e de Syntetos & Boylan ao artigo 20644, da delegação Imperlis.

São considerados os mesmos pressupostos que foram assumidos nos artigos de classe A. Assim, o erro quadrático médio (EQM) é o indicador utilizado na determinação da constante de alisamento de ambos os modelos de previsão. No modelo de Croston para um EQM de 111,31 obtém-se uma constante de alisamento de 0,84. Verifica-se, pela Tabela 4.33, que o valor da média e o desvio padrão da procura real (considerando os valores nulos e não nulos) e da previsão da procura são próximos. Porém a média e desvio padrão da procura não nula são superiores aos valores da previsão da procura. No Anexo D da Tabela D.2 é apresentado um excerto dos resultados parcelares obtidos por aplicação do modelo de Croston ao artigo 20644 da delegação Imperlis.

Tabela 4.33 - Média e Desvio padrão do modelo de Croston ao artigo 20644 na Delegação Imperlis

	Procura dados reais	Previsão da procura	EQM da previsão da procura	Procura não nula
Média (μ) (rolos/dia)	9,42	10,73	113,31	16,12
Desvio Padrão (σ) (rolos/dia)	15,49	12,56	-	17,40

O modelo de Croston apresenta um bom ajustamento à procura dado que a constante de alisamento é elevada, 0,84. Isto significa que a previsão da procura irá reagir rapidamente às alterações que ocorrem na procura. Porém, devido à elevada variabilidade da procura o modelo de Croston não consegue prever alguns picos, tais como, o valor de 85 rolos no mês de outubro de 2014 e de 75 rolos no mês de janeiro de 2015, como identificado na Figura 4.13.

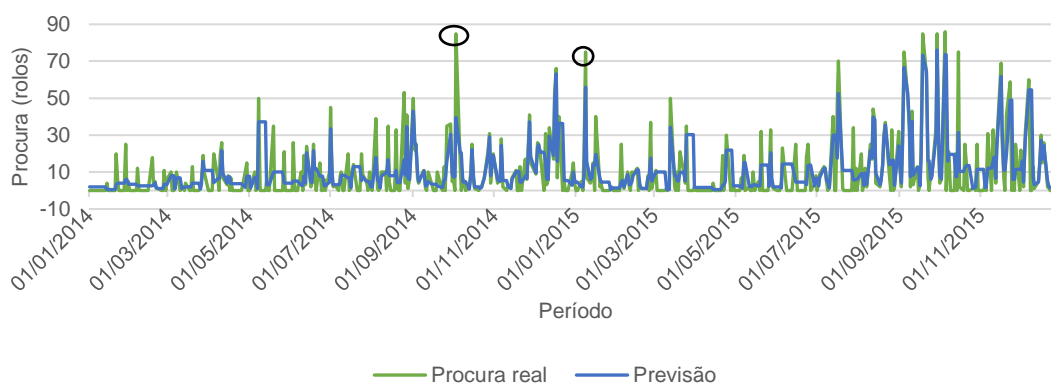


Figura 4.13 – Procura real e previsão aplicando o modelo de Croston ao artigo 20644 da Delegação Imperlis

A constante de alisamento do modelo de Syntetos & Boylan é de 0,84 para um EQM de 137,39. Consta-se que o erro quadrático médio do modelo de Syntetos & Boylan é superior ao obtido aplicando o modelo de Croston, logo, neste artigo, o modelo de Croston ajusta-se melhor à procura, com igual constante de alisamento. O valor médio e o desvio padrão da previsão da procura são inferiores ao valor médio e desvio padrão da procura real e da procura não nula (Tabela 4.34).

Tabela 4.34 - Média e Desvio padrão do modelo de Syntetos & Boylan ao artigo 20644 na Delegação Imperlis

	Procura	Previsão da procura	EQM da previsão da procura	Procura não nula
Média (μ) (rolos/dia)	9,42	6,20	137,39	16,12
Desvio Padrão (σ) (rolos/dia)	15,49	7,27	-	17,40

Ao observar a Figura 4.14 consta-se que a previsão da procura utilizando o modelo de Syntetos & Boylan mesmo com uma constante de alisamento elevada (0,84) não consegue prever as quantidades necessárias da procura, apesar de reagir rapidamente ao comportamento da procura.

Obtida a média e o desvio padrão da previsão da procura é possível calcular os parâmetros das heurísticas de *Power Approximation* e *Normal Approximation*. Assim, com os dados da procura (procura dos anos de 2014 e 2015) e os parâmetros das heurísticas pode-se efetuar a simulação.

Constata-se que ao efetuar a simulação dos modelos de previsão os custos de rotura das heurísticas é demasiado elevado, gerando custos totais superiores aos custos totais utilizando valores reais (Tabela 4.35). Apesar, da heurística *Power Approximation* aplicando o modelo de Croston apresentar reduzidos custos de rotura comparativamente com as heurísticas aplicando o modelo de previsão de Syntetos & Boylan o custo total é superior ao custo total real. Uma vez que, o custo de rotura unitário é elevado e, consequentemente, gera custos de rotura elevados.

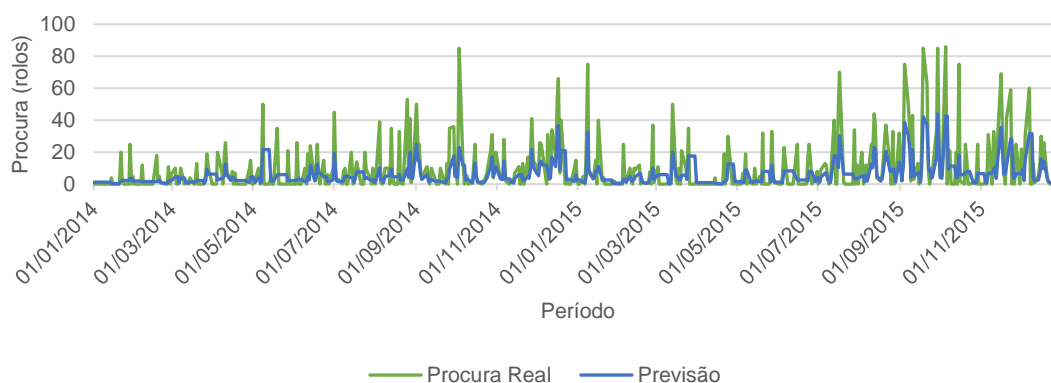


Figura 4.14 - Procura e Previsão do modelo Syntetos & Boylan ao artigo 20644 da Delegação Imperlis

A heurística *Normal Approximation* é a única que apresenta um custo total inferior ao custo total real, porém, a diferença não é significativa. Assim, em vez da utilização da média e o desvio padrão da previsão da procura optou-se por utilizar a média e o desvio padrão da procura não nula, tal como aplicado nos artigos da classe A.

Tabela 4.35 - Custo total das heurísticas e dados reais com ambos os modelos de previsão com um nível de serviço de 95%

Modelo Previsão	Heurística	s (rolos)	S (rolos)	Rotura	Custo Rotura	Custo Posse	Custo Encomenda	Custo Total
Croston	<i>Power Approximation</i>	94	103	3,17%	1 506,01 €	524,44 €	1 254 €	3 284,02 €
	<i>Normal Approximation</i>	99	106	1,75%	830,23 €	548,08 €	1 318 €	2 696,18 €
Syntetos & Boylan	<i>Power Approximation</i>	51	58	15,72%	7 462,46 €	287,94 €	1 511 €	9 261,11 €
	<i>Normal Approximation</i>	54	60	15,44%	7 327,30 €	290,78 €	1 543 €	9 160,94 €
Dados Reais		-	-	0,00%	0€	735,42€	1 992€	2 728,28€

4.3.2 Fase II

As etapas da Fase II correspondem à determinação dos parâmetros das heurísticas, à simulação dos anos 2014 e 2015, com níveis de serviço entre 95% e 99%. Após a verificação dos níveis de serviço de cada heurística que correspondem aos menores custos totais, é realizada a simulação do ano 2016.

A título de exemplo, o artigo 20644 da delegação Imperlis será utilizado nas etapas que se seguem, uma vez que o procedimento é igual para os restantes artigos.

4.3.2.1 Determinação dos parâmetros dos modelos de gestão de *stocks*

Tal como referido na secção 4.3.1.2 Modelo de Previsão, para a determinação dos parâmetros das heurísticas serão usados os valores da média e do desvio padrão da procura não nula. A média e o desvio padrão da procura não nula são, respetivamente, 16,12 e 17,39 rolos/dia de procura não nula.

Com os custos unitários de encomenda, posse e rotura, a média e o desvio padrão da procura durante o prazo de entrega mais o período entre revisões é possível determinar o ponto de encomenda (s) e nível máximo de encomenda (S) das heurísticas.

Assim, a média e o desvio padrão da procura durante o prazo de entrega mais o período entre revisões, sabendo que o prazo de entrega e o período entre revisões são respetivamente, 2 e 5 dias. Como já referido na revisão bibliográfica, estes valores são dados por:

$$\mu_{L+T} = 16,12 \times (2 + 5) = 112,82 \text{ rolos} \quad (53)$$

$$\sigma_{L+T} = 17,39 \times \sqrt{2 + 5} = 46,03 \text{ rolos} \quad (54)$$

Na **heurística de *Power Approximation*** se o quociente entre a quantidade a encomendar (Q) e o valor médio da procura não nula for inferior a 1,5, então, o ponto de encomenda (s) é igual ao mínimo entre a aproximação do ponto de encomenda (sp) e a aproximação do nível máximo de *stock* (S_0). O nível máximo de *stock* (S) é igual ao mínimo entre o sp mais a quantidade a encomendar (Q) e o S_0 . Caso contrário, o ponto de encomenda (s) corresponde a sp e o nível máximo de *stock* (S) é igual ao somatório de sp e a quantidade a encomendar (Q). Uma vez que $\frac{Q}{\mu^+}$ é inferior a 1,5 os parâmetros (s, S) são respetivamente 142 rolos e 153 rolos, Tabela 4.36.

Tabela 4.36 - Parâmetros da heurística *Power Approximation* com um nível de serviço de 95% do artigo 20644 na Delegação Imperlis

Designação	Sigla	Quantidade	Unidades
Quantidade Encomendada	Q	10,92	rolos
Procura não nula	μ^+	16,12	rolos/dia
Aproximação do ponto de encomenda	s_p	141,87	rolos
Aproximação do nível máximo de stock	S_0	188,54	rolos
Ponto de encomenda	s	142	rolos
Nível máximo de stock	S	153	rolos

Os parâmetros (s e S) da heurísticas são independentes do nível de serviço (Tabela 4.37). O ponto de encomenda (s) depende de sp e S_0 , o nível máximo de *stock* (S) depende de sp, S_0 e da quantidade a encomendar (Q). A aproximação do ponto de encomenda (sp) e a quantidade a encomendar não variam com o aumento do nível de serviço. A aproximação do nível máximo de

stock (S_0) aumenta com o nível de serviço, devido ao aumento da variável do inverso da distribuição Normal (N), Tabela 4.38. Os parâmetros s e S não variam com o nível de serviço, porque sp e $sp+Q$ é sempre inferior à aproximação do nível máximo de *stock* (S_0).

Tabela 4.37 - Parâmetros da heurística *Power Approximation* para níveis de serviço entre 95% e 99% do artigo 20644 da Delegação Imperlis

	95%	96%	97%	98%	99%
s (rolos)	142	142	142	142	142
S (rolos)	153	153	153	153	153

Tabela 4.38 - Variáveis da heurística *Power Approximation* do artigo 20644 da delegação Imperlis

	Simbolo	95%	96%	97%	98%	99%
Inverso da distribuição Normal	N	1,64	1,75	1,88	2,05	2,32
Aproximação ao nível máximo de stock	S_0	188,54	193,41	199,40	207,36	219,91

Na heurística **Normal Approximation** quando o valor da média da procura durante o prazo de entrega mais o período entre revisões é superior à constante da equação 55, os parâmetros do ponto de encomenda (s) e nível máximo de *stock* (S) podem ser obtidos através da equação 56.

$$0,888 * \frac{Ca}{h} \quad (55)$$

$$\begin{cases} S = \mu_{L+T} + ws * \sigma_{L+T} \\ S = \mu_{L+T} + \min(\mu_s * \sigma_{L+T} + Q; vs * \sigma_{L+T}) \end{cases} \quad (56)$$

O ponto de encomenda (s) e o nível máximo de *stock* (S) são independentes do nível de serviço Tabela 4.39. A única variável da heurística *Normal Approximation* que varia com o aumento do nível de serviço é a v_s . A variável w_s é igual ao mínimo entre v_s e μ_s , ao analisar a Tabela 4.40, verifica-se que v_s é sempre superior a μ_s . Logo, o ponto de encomenda não varia com o nível de serviço. O nível máximo de *stock* (S) também é independente do nível de serviço, porque a multiplicação entre v_s e o desvio padrão da procura durante o prazo de entrega mais o período entre revisões (σ_{L+T}) é superior à multiplicação entre μ_s e o desvio padrão da procura durante o prazo de entrega mais o período entre revisões mais a quantidade de encomenda (Q).

Tabela 4.39 - Parâmetros da heurística *Normal Approximation* para níveis de serviço entre 95% e 99% do artigo 20644 na Delegação Imperlis

	95%	96%	97%	98%	99%
s (rolos)	146	146	146	146	146
S (rolos)	155	155	155	155	155

Tabela 4.40 - Variáveis da heurística Normal *Approximation* para níveis de serviço entre 95% e 99% do artigo 20644 na Delegação Imperlis

	95%	96%	97%	98%	99%
Q (rolos)	9,29	9,29	9,29	9,29	9,29
Rn	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
μ_s	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
v_s	1,64	1,75	1,88	2,05	2,33
$\mu_s * \sigma_{L+T} + Q$	41,97	41,97	41,97	41,97	41,97
$v_s * \sigma_{L+T}$	75,71	80,58	86,57	94,53	107,08

O mesmo procedimento é utilizado nos restantes artigos da classe B. No Anexo E são apresentados os valores dos parâmetros dos artigos, por delegação e por heurística nas tabelas Tabela E.1 e na Tabela E.2.

4.3.2.2 Simulação nos anos 2014 e 2015

Com o auxílio do *Microsoft Office Excel* foram simuladas para os artigos da classe B as heurísticas *Power Approximation* e *Normal Approximation*. Dado que se trata de uma revisão periódica é importante relembrar que o período entre revisões (T) é de 5 dias e o prazo de entrega (L) é igual a 2 dias.

A Tabela 4.41 apresenta um excerto da simulação da heurística *Power Approximation* para um nível de serviço de 95%. A quantidade de *stock* inicial no dia 01 de janeiro de 2014 corresponde à quantidade real existente em armazém. As colunas procura, rotura e rotura real apresentam os mesmos pressupostos que os artigos da classe A, abordado na secção 4.2.2.2. Os artigos são revistos todas as quartas-feiras com um período de revisão de 5 dias, não sendo considerado os fins-de-semana nos dados da procura quando obtidos os parâmetros nem na simulação. Na coluna “Dia de semana” apresenta os dias de semana numericamente de 1 a 5, sendo segunda-feira igual a 1 e sexta-feira igual a 5. Assim, as encomendas só são feitas quando o valor na coluna “Dia de semana” for igual a 3, quarta-feira. Porém, quando ocorre uma rotura, é colocada uma encomenda, mesmo que não seja quarta-feira, pois, a empresa deseja satisfazer o cliente o mais rápido possível. Tal como se pode observar no dia 21 de setembro de 2014, terça-feira, ocorreu uma rotura de 13 rolos e foi colocada uma encomenda apesar de não ser uma quarta-feira. A coluna “Encomenda incompleta” corresponde à quantidade necessária quando se subtrai ao nível máximo de *stock* (S) a quantidade existente em armazém. Por exemplo, no dia 22 de dezembro de 2015 existem em armazém 85 rolos, são necessários 68 rolos para atingir a o nível máximo de *stock*. Porém, 68 rolos correspondem a 2,72 paletes não acomodando a capacidade total das paletes, logo, são encomendadas 3 paletes, 75 rolos. A coluna “Encomenda completa”, corresponde às quantidades que serão encomendadas na realidade.

A análise da Tabela 4.42 permite verificar que a percentagem de rotura é inferior a 5%. Pode concluir-se que a heurística *Power Approximation* apresenta um bom comportamento no caso do artigo 20644, dado que, o nível de serviço considerado foi de 95% e a percentagem de rotura é inferior a 5%. O número de roturas e encomendas é de, respetivamente, 6 rolos e 78

encomendas. Uma vez que é colocada uma encomenda quando ocorre rotura, foram necessárias fazer mais seis encomendas, de modo, a entregar o mais rapidamente possível a quantidade desejada ao cliente final.

Tabela 4.41 - Simulação da heurística *Power Approximation* com um nível de serviço de 95% ao artigo 20644 da Delegação Imperlis

Dia semana	Dias	Procura (rolos)	Stock Inicial (rolos)	Stock Final (rolos)	Rotura (rolos)	Rotura Real (rolos)	Encomenda Incompleta (rolos)	Encomenda Completa (rolos)
4	01/01/2014	0	156	156	0	0	0	0
5	02/01/2014	0	156	156	0	0	0	0
6	03/01/2014	0	156	156	0	0	0	0
2	06/01/2014	0	156	156	0	0	0	0
3	07/01/2014	0	156	156	0	0	0	0
4	08/01/2014	0	156	156	0	0	0	0
5	09/01/2014	0	156	156	0	0	0	0
6	10/01/2014	0	156	156	0	0	0	0
2	13/01/2014	0	156	156	0	0	0	0
3	14/01/2014	4	156	152	0	0	0	0
4	15/01/2014	0	152	152	0	0	0	0
...
2	21/09/2015	63	50	0	13	13	153	175
3	22/09/2015	7	0	0	20	7	0	0
4	23/09/2015	0	175	155	0	0	0	0
5	24/09/2015	10	155	145	0	0	0	0
6	25/09/2015	8	145	137	0	0	0	0
2	28/09/2015	34	137	103	0	0	0	0
...
3	22/12/2015	1	86	85	0	0	68	75
4	23/12/2015	0	85	85	0	0	0	0
5	24/12/2015	0	160	160	0	0	0	0
6	25/12/2015	0	160	160	0	0	0	0
2	28/12/2015	0	160	160	0	0	0	0
3	29/12/2015	10	160	150	0	0	0	0
4	30/12/2015	10	150	140	0	0	0	0
5	31/12/2015	0	140	140	0	0	0	0

Tabela 4.42 - Comportamento da heurística *Power Approximation* no artigo 20644 da Delegação Imperlis com um nível de serviço de 95%

Percentagem de Rotura (%)	1,16
Nº Roturas	6
Nº Encomendas	78

Na heurística **Normal Approximation** são realizados os mesmos procedimentos que foram aplicados na heurística *Power Approximation*. Verificando-se que ocorre uma rotura de 13 rolos no dia 21 de setembro de 2014, tal como na heurística *Power Approximation*.

Ao observar a Tabela 4.44 verifica-se que a percentagem de rotura é reduzida. Apesar da heurística considerar uma distribuição Normal, e os dados não se ajustarem a uma distribuição Normal, constata-se que o comportamento no artigo 20644 é positivo.

Tabela 4.43 - Simulação da heurística de Normal *Approximation* ao artigo 20644 na Delegação

Imperlis

Dia semana	Dias	Procura (rolos)	Stock Inicial (rolos)	Stock Final (rolos)	Rotura (rolos)	Rotura Real (rolos)	Encomenda Incompleta (rolos)	Encomenda Completa (rolos)
4	01/01/2014	0	156	156	0	0	0	0
5	02/01/2014	0	156	156	0	0	0	0
6	03/01/2014	0	156	156	0	0	0	0
2	06/01/2014	0	156	156	0	0	0	0
3	07/01/2014	0	156	156	0	0	0	0
4	08/01/2014	0	156	156	0	0	0	0
5	09/01/2014	0	156	156	0	0	0	0
6	10/01/2014	0	156	156	0	0	0	0
2	13/01/2014	0	156	156	0	0	0	0
3	14/01/2014	4	156	152	0	0	0	0
4	15/01/2014	0	152	152	0	0	0	0
...
2	21/09/2015	63	50	0	13	13	155	175
3	22/09/2015	7	0	0	20	7	0	0
4	23/09/2015	0	175	155	0	0	0	0
5	24/09/2015	10	155	145	0	0	0	0
...
3	22/12/2015	1	86	85	0	0	70	75
4	23/12/2015	0	85	85	0	0	0	0
5	24/12/2015	0	160	160	0	0	0	0
6	25/12/2015	0	160	160	0	0	0	0
2	28/12/2015	0	160	160	0	0	0	0
3	29/12/2015	10	160	150	0	0	0	0
4	30/12/2015	10	150	140	0	0	0	0
5	31/12/2015	0	140	140	0	0	0	0

Tabela 4.44 - Comportamento da heurística Normal *Approximation* do artigo 20644 na Delegação

Imperlis

Percentagem de Rotura (%)	1,16
Nº Encomendas	6
Nº Encomendas	81

A análise da Tabela 4.45 permite verificar que a heurística de *Power Approximation* apresenta melhores resultados comparativamente à heurística *Normal Approximation*. Apesar dos custos de rotura serem iguais, o custo de posse e encomenda são inferiores na heurística de *Power Approximation*.

Tabela 4.45 - Custo total das heurísticas aplicadas ao artigo 20644 da Delegação Imperlis

Heurística	s (rolos)	S (rolos)	Custo Rotura	Custo Posse	Custo Encomenda	Custo total
Power Approximation	142	153	550,27 €	751,02 €	1 254 €	2 554,87 €
Normal Approximation	146	155	550,27 €	768,28 €	1 302 €	2 620,34 €

Os mesmos cálculos foram realizados aos restantes artigos da classe B, sendo considerados os mesmos procedimentos. No Anexo E da Tabela E.3 estão apresentados os custos totais dos artigos 20644 e 20635 da delegação Sul.

4.3.2.3 Determinação do nível de serviço

Uma vez que os parâmetros do ponto de encomenda (s) e nível máximo de encomenda (S) não variam com o nível de serviço, não existe a necessidade de determinar o nível de serviço que apresenta o melhor custo total.

Ao comparar os custos totais das heurísticas com os valores reais, apresentados na Tabela 4.46 verifica-se que as heurísticas *Power Approximation* e *Normal Approximation* apresentam custos de encomenda inferiores. Por outro lado, o custo de posse e rotura são superiores aos custos reais, no entanto, o custo total das heurísticas é inferior. Verifica-se que a heurística de *Power Approximation* apresenta uma redução de 6,35% do custo total utilizando dados reais.

Tabela 4.46 - Custos totais das heurísticas nos anos 2014 e 2015 do artigo 20644 na Delegação Imperlis com um nível de serviço de 95%

Modelo	s (rolos)	S (rolos)	Rotura	Custo Rotura	Custo Posse	Custo Encomenda	Custo Total	Diferença
Dados reais	-	-	-	-	735,42 €	1 992,86 €	2 728,28 €	
Power	142	153	1,16%	550,27 €	751,02 €	1 254,57 €	2 554,87 €	- 6,35%
Normal	146	155	1,16%	550,27 €	768,28 €	1 302,79 €	2 620,34 €	- 3,95%

No Anexo E da Tabela E.4 estão presentes as heurísticas que apresentam o menor custo total para os artigos da classe B.

4.3.2.4 Simulação 2016

Uma vez que os parâmetros das heurísticas são conhecidos é possível simular com os dados do ano 2016, de modo, a verificar se os comportamentos do primeiro período de análise, anos 2014 e 2015 são iguais ao ano 2016. A simulação do ano 2016 considera os mesmos procedimentos considerados na secção 4.2.2.4.

Ao observar a Tabela 4.47 verifica-se que o comportamento dos modelos mantém-se relativamente aos anos de 2014 e 2015 do artigo 20644 da delegação Imperlis. Ou seja, as heurísticas *Power Approximation* e *Normal Approximation* apresentam menores custos totais e a heurística *Power Approximation* apresenta uma redução maior do custo total, 28,7%. Apesar do custo total não apresentar custos de rotura, os custos de posse e encomenda das heurísticas é inferior ao custo utilizando dados reais.

Tabela 4.47 - Custos totais das heurísticas e dos dados reais de 2016 ao artigo 20644 na Delegação Imperlis

	Rotura	Custo rotura	Custo posse	Custo Encomendas	Custo Total	Diferença
Dados Reais 2016	-	- €	1 494,61 €	1 076,79 €	2 571,40 €	
Power Approximation	2,86%	617,85 €	781,20 €	433,93 €	1 832,97 €	- 28,71%
Normal Approximation	3,49%	753,00 €	929,09 €	417,86 €	2 099,95 €	- 18,33%

A heurística *Power Approximation* seria aplicada ao artigo 20644, dado que, apresenta baixos custos em ambos os períodos de análise. Porém, na fase III é analisado qual a heurística que apresenta melhores resultados aos artigos da classe B em cada uma das delegações.

4.3.3 Fase III

Nesta fase analisa-se qual a heurística que deve ser aplica a cada delegação. Assim, na delegação Imperlis são estudados dois artigos da classe B. A Tabela 4.48 apresenta os custos totais para estes dois artigos, para cada uma das heurísticas que apresentar melhores resultados no primeiro período de análise, ano 2014 e 2015, e no segundo período de análise, ano 2016. A coluna diferença é definida pela subtração do custo total da heurística e o custo total real. No ano 2016 em ambos os artigos, 20654 e 20644, a heurística *Power Approximation* é a que apresenta maior diferença.

Tabela 4.48 - Custos totais das heurísticas e dos dados reais da Delegação Imperlis

Artigo	Modelo	Anos 2014 e 2015		Ano 2016	
		Custo Total	Diferença	Custo Total	Diferença
20654	Dados Reais	2 728,28 €		1 430,22 €	
	Power	2 091,70 €	-636,58 €	1 262,92 €	-167,30 €
	Normal	2 181,77 €	-546,51 €	1 338,48 €	-91,75 €
20644	Dados Reais	2 728,28 €		2 571,40 €	
	Power	2 456,13 €	-272,15 €	1 832,97 €	-738,42 €
	Normal	2521,60717	-206,67 €	2 099,95 €	-471,45 €

A Tabela 4.49 corresponde ao somatório da diferença dos custos totais das heurísticas e do custo real, sendo considerados os mesmos procedimentos que nos artigos da classe A. Verifica-se que a heurística *Power Approximation* apresenta melhores resultados nos dois períodos de análise. Ou seja, no ano de 2014 e 2015 constata-se uma redução de 908,73€ e no ano 2016 uma redução de 905,72€. Enquanto, a heurística de *Normal Approximation* apresenta nos anos 2014 e 2015 uma redução de 753,18€ e no ano 2016 uma redução de 569,20€.

Tabela 4.49 – Somatório da diferença total das heurísticas dos artigos da classe B da Delegação Imperlis

	Anos 2014 e 2015	Ano 2016
Heurística	Diferença Total	Diferença Total
Power Approximation	-908,73	-905,72
Normal Approximation	-753,18	-569,2

A análise da Tabela 4.50 permite verificar que a heurística *Power Approximation* apresenta o mesmo comportamento nas delegações Imperlis e Centro. Ou seja, tanto no primeiro período como no segundo período de análises a heurística *Power Approximation* apresenta percentagens de redução superiores à heurística *Normal Approximation*. Por exemplo, na delegação Imperlis nos anos 2014 e 2015 apresenta uma redução de 17%, enquanto a heurística *Normal Approximation* uma redução de 14%. No ano 2016, também se constata uma redução superior na heurística *Power Approximation*, 23%. Por outro lado, na delegação Sul no primeiro período de análises, ano 2014 e 2015, uma redução de 39% e no segundo período de análises uma redução de 17%, enquanto a heurística *Normal Approximation* apresenta uma redução superior no ano 2016 de 22%.

Tabela 4.50 - Percentagem da diferença total entre as heurísticas e o custo total dos artigos de classe B das delegações

		Anos 2014 e 2015	Ano 2016
Delegação	Heurística	Diferença total entre heurística e custo total real	Diferença total entre heurística e custo total real
Sul	<i>Power Approximation</i>	-39%	-17%
	<i>Normal Approximation</i>	-34%	-22%
Imperlis	<i>Power Approximation</i>	-17%	-23%
	<i>Normal Approximation</i>	-14%	-14%
Centro	<i>Power Approximation</i>	-63%	-47%
	<i>Normal Approximation</i>	-62%	-43%

Ao analisar o gráfico da procura dos artigos da delegação Sul, 20635, 20644 e 20654, apresentados no Anexo F, respetivamente, Figura F.1, Figura F.2 e Figura F.3, verifica-se que os primeiros dois artigos mantêm a sazonalidade no ano 2016, porém a quantidade procurada no artigo 20635 é inferior e no artigo 20644 é superior. Por outro lado, no artigo 20654 verifica-se que o ano 2016 não apresenta sazonalidade comparativamente com os anos 2014 e 2015. Daí os resultados dos modelos analisados na Tabela 4.50 serem divergentes. Uma vez que, a heurística *Power Approximation* apresenta uma percentagem de redução de 39% nos anos 2014 e 2015 superior à apresentada pela heurística *Normal Approximation* no ano 2016, será aplicada na delegação Sul a heurística *Power Approximation*.

Assim, ao analisar a Tabela 4.51 verifica-se que a heurística *Power Approximation* é a que melhor se ajusta aos artigos da classe B das delegações Imperlis, Sul e Centro.

Tabela 4.51 - Modelos aplicados aos artigos da classe B por delegação

	Delegação Imperlis	Delegação Sul	Delegação Centro
Heurística	<i>Power Approximation</i>	<i>Power Approximation</i>	<i>Power Approximation</i>

4.4 Síntese do capítulo

Neste capítulo são analisados os artigos da classe A e B e verificados quais os modelos de gestão de *stocks* a serem aplicados. Constatou-se que os artigos da classe A são maioritariamente classificados como procura errática e os artigos da classe B como procura irregular.

Os modelos de previsão aplicados nos modelos de gestão de *stocks* apresentaram resultados não satisfatórios, havendo a necessidade de utilizar a média e o desvio padrão da procura não nula na simulação dos artigos.

A simulação no ano 2016 apresentou algumas divergências em alguns artigos comparativamente com os anos 2014 e 2015, devido à alteração da quantidade procurada, podendo esta ser maior ou menor que nos anos anteriores.

Por fim, foi possível determinar quais os modelos a serem aplicados aos artigos da classe A e B de modo a diminuir os custos totais para a empresa Imperialum.

5 Conclusão

Neste capítulo são apresentadas as conclusões sobre o estudo desenvolvido e algumas sugestões para realizar em trabalhos futuros.

5.1 Considerações finais

Para serem competitivas as empresas necessitam cada vez mais, de uma gestão eficaz e eficiente. Consequentemente, têm a necessidade de intervir ao nível das atividades logísticas como, por exemplo, a gestão de *stocks*. Para aumentar o desempenho ao nível da gestão de *stocks* é necessário implementar modelos de gestão de *stocks* adequados às características dos artigos, tendo em consideração a criação de valor para o cliente.

Nesse sentido, a presente dissertação tem como objetivo a determinação dos modelos de gestão de *stocks* e respetivos parâmetros que apresentam um custo total reduzido para um determinado nível de serviço.

A empresa Imperialum é constituída por quatro delegações localizadas em Pedroso, Coimbra, Odivelas e Olhão, denominadas, respetivamente, por delegações Norte, Centro, Imperlis e Sul. Para além das delegações, existe a sede localizada no Montijo onde existe a fábrica e um armazém. A empresa produz e comercializa artigos da área de construção civil. Os artigos podem ser organizados em três famílias: membranas betuminosas, emulsões e mercadorias. As membranas betuminosas e a emulsão permitem a formação de uma camada impermeabilizadora em lajes e coberturas para a construção de imóveis. A família das mercadorias envolve artigos de isolamento térmico, acústico, entre outros, de modo a tornar as habitações mais acolhedoras. A família de artigos que apresenta maior volume de vendas é a das membranas betuminosas sendo, por isso, a família analisada com detalhe no caso de estudo.

Uma vez que os artigos da família das membranas betuminosas apresentam elevada frequência de procura nula, há a necessidade de considerar os modelos de gestão *stocks* que são, normalmente, aplicados a artigos de reposição. Efetuada a análise ABC à família das membranas betuminosas em cada delegação e sede, foi definida a revisão contínua para os artigos da classe A e uma revisão periódica para os artigos da classe B. No total são seis os artigos analisados nas delegações e na sede, porém, alguns artigos apresentam diferentes comportamentos no que se refere a quantidade de procura nas delegações e sede. Logo, um artigo pode ser classificado de classe A e de B nas diferentes delegações e na sede.

Para a determinação dos modelos a serem aplicados aos artigos das classes A e B das respetivas delegações e sede, é proposta uma metodologia constituído por três fases. A fase I corresponde à determinação dos modelos a aplicar aos artigos, enquanto a fase II diz respeito à simulação dos modelos. Por último, a fase III corresponde à seleção do modelo de gestão de *stocks* a aplicar por delegação e classe de artigos.

A fase I engloba a determinação do tipo de procura do artigo para agrupar os artigos com características semelhantes. De seguida, é determinada a distribuição de probabilidade que melhor se ajusta ao grupo de artigos que têm características semelhantes. Depois de selecionados os modelos que podem ser aplicados de acordo com as características de artigos, é necessário determinar os modelos de previsão que melhor se ajustam à procura dos artigos, recorrendo aos modelos de previsão mais abordados na literatura, modelo de Croston e modelo de Syntetos & Boylan.

Neste ponto de desenvolvimento é possível passar à fase II. A primeira etapa desta fase é a determinação dos parâmetros de cada um dos modelos de gestão de *stocks*, para níveis de serviços de 95%, 96%, 97%, 98% e 99% e a realização da sua simulação para 2014 e 2015. Depois das simulações realizadas considerando todos os níveis de serviço em cada um dos modelos de gestão de *stocks*, é possível determinar o modelo de gestão de *stocks* que apresenta menor custo total para a empresa e o respetivo nível de serviço. Por último, nesta fase, é realizada a simulação relativa ao ano 2016 considerando os modelos de gestão de *stocks* com os níveis de serviço que apresentam o menor custo total.

A última fase, a fase III corresponde à determinação do modelo de gestão de *stocks* que apresenta o menor custo total comparativamente com o custo total do sistema de gestão atual, tanto na sede como nas delegações.

Na primeira etapa da fase I as procuras dos artigos da classe A são quase todas classificadas como procura errática, exceto na delegação Centro que são classificados como procura irregular. A procura é irregular porque a *average demand interval* (ADI) é superior a 1,32 dias e o coeficiente de variação ao quadrado (CV^2) é superior a 0,49. A procura é errática porque o ADI é inferior a 1,32 dias e o CV^2 é superior a 0,49. Quando se tentou determinar a distribuição de probabilidade da procura dos artigos, verificou-se que não se ajustavam a nenhuma distribuição. Assim, segundo os autores Silver, Pyke & Peterson (1998) quando o coeficiente de variação é superior a 0,5 considera-se o ajustamento da procura à distribuição Gama.

Assim, sabendo que o prazo de entrega é constante, a procura se ajusta a uma distribuição Gama e é realizada uma revisão contínua do *stock* é possível identificar os modelos possíveis de serem aplicados. O modelo de Zipkin e o modelo de Silver, Pyke & Peterson são os modelos que podem ser aplicados para gerir o *stock* dos artigos da classe A, uma vez que apresentam as características referidas. A última etapa da fase I corresponde à determinação do modelo de previsão que melhor se ajusta à procura. Porém, quando determinados os parâmetros dos modelos de gestão de *stocks* com a média e o desvio padrão dos modelos de previsão de Croston e de Syntetos & Boylan, as percentagens de rotura eram elevadas. Assim, foram considerados a média e o desvio padrão da procura não nula na determinação dos parâmetros dos modelos de gestão de *stocks*.

A primeira etapa da fase II corresponde à determinação dos parâmetros do modelo de Zipkin e do modelo de Silver, Pyke & Peterson, para níveis de serviço entre 95% e 99%, simulação e determinação dos modelos de gestão de *stocks* com o menor custo total. Depois é analisado o

comportamento dos melhores níveis de serviço para parte do ano 2016, para a verificar se o modelo considerado nos anos de 2014 e 2015 também pode ser aplicado nos anos seguintes.

Determinados os custos totais dos modelos com melhor nível de serviço nos anos 2014 e 2015 é calculada a diferença entre o custo total do modelo e o custo total resultante da aplicação do modelo usado no sistema real do respetivo artigo. A soma das diferenças dos custos para os artigos da classe A por delegação permite determinar qual o modelo que é mais vantajoso para implementar cada delegação. O mesmo é determinado no ano 2016, de modo a ser possível verificar se o modelo mais vantajoso nos anos 2014 e 2015 coincide com o do ano 2016. Conclui-se que nas delegações Norte e Imperlis o modelo que apresenta melhores resultados em ambos os períodos de análise é o Silver, Pyke & Peterson. Por outro lado, a sede e as delegações, Sul e Centro, apresentam resultados diferentes nos dois períodos de análise. Ou seja, no primeiro período de análise, anos 2014 e 2015, o modelo que apresenta melhor resultado na delegação Sul e na sede é o modelo de Silver, Pyke & Peterson. Enquanto no segundo período, ano 2016, é o modelo de Zipkin. O mesmo se verifica na delegação Centro, porém, os modelos que apresentam melhores resultados no primeiro e segundo períodos de análise são, respetivamente, o modelo de Zipkin e o modelo de Silver, Pyke & Peterson. Assim, os modelos a aplicar nestas delegações e na sede são os que apresentam um menor custo nos anos 2014 e 2015 ou no ano 2016. Os modelos de gestão de *stocks* aplicados aos artigos da classe A e respetivos parâmetros estão presentes na Tabela 5.1

Tabela 5.1 – Modelos e respetivos parâmetros a aplicar nas delegações e na sede para a gestão dos artigos de classe A

	Modelos	Nível de serviço	Artigo											
			20114		20136		20536		20635		20644		20654	
Instalações	-	-	s	Q	s	Q	s	Q	s	Q	s	Q	s	Q
Delegação Norte	Silver, Pyke & Peterson	99%	320	150	192	125	180	125	168	125	184	125	187	125
Delegação Imperlis	Silver, Pyke & Peterson	99%	89	50	94	75	104	75	62	50	-	-	-	-
Delegação Sul	Silver, Pyke & Peterson	99%	150	100	142	100	117	75	-	-	-	-	-	-
Delegação Centro	Zipkin	95%	38	50	44	50	-	-	-	-	41	50	-	-
Sede	Zipkin	99%	525	250	525	275	532	250	296	175	387	200	364	175

Aos artigos da classe B é aplicada uma revisão periódica, pelo que os modelos de gestão de *stocks* possíveis são as heurísticas de *Power Approximation* e a *Normal Approximation*. Uma vez que estas heurísticas não necessitam do ajustamento da procura a uma distribuição estatística, a primeira etapa da fase I não é considerada.

O tipo de procura dos artigos é classificado como procura irregular, uma vez que a média do intervalo entre procuras é superior a 1,32 dias e o coeficiente de variação ao quadrado é superior a 0,49. Constata-se que em todas as delegações os artigos da classe B têm comportamentos semelhantes.

Os modelos de previsão de Croston e Syntetos & Boylan são aplicados aos artigos e verifica-se que a percentagem de rotura é elevada no modelo de Syntetos & Boylan, enquanto no modelo de Croston não é tão elevada. Porém, verifica-se que os custos totais de gestão quando é aplicado o modelo de Croston são superiores aos custos totais reais, uma vez que o custo unitário de rotura é elevado. Assim, opta-se por aplicar a média e o desvio padrão da procura não nula para a determinação dos parâmetros das heurísticas, tal como aplicado nos artigos da classe A.

Nas heurísticas de *Power Approximation* e *Normal Approximation* o período entre revisão é de cinco dias, que corresponde a 1 semana útil. Os parâmetros das heurísticas *Power Approximation* e *Normal Approximation* não varia com o nível de serviço, devido à formulação das heurísticas.

Depois de efetuadas as simulações para 2014 e 2015, determinados os melhores níveis de serviço de cada uma das heurísticas e realizadas as simulações da parte do ano 2016, é possível determinar quais as heurísticas que podem ser aplicadas na gestão de *stocks* dos artigos da classe B nas delegações.

Assim, verificou-se que nas delegações Imperlis e Centro a heurística *Power Approximation* apresenta o mesmo comportamento em ambos os períodos de análise. Por outro lado, a delegação Sul, nos anos de 2014 e 2015 a heurística *Power Approximation* apresenta os melhores resultados, enquanto, no ano 2016 a melhor heurística é a *Normal Approximation*. Constatou-se que a heurística *Power Approximation* é a que apresenta menores custos totais. Logo, a heurística *Power Approximation* é aplicada aos artigos de classe B nas delegações Imperlis, Sul e Centro. Na delegação Norte e na sede não existem artigos de classe B a serem analisados.

Os parâmetros dos artigos da classe B da heurística *Power Approximation* estão presente na Tabela 5.2. Os campos em branco correspondem aos artigos que não estão presentes nas delegações nesta classe.

Tabela 5.2 – Heurística *Power Approximation* e respetivos parâmetros a aplicar a artigos da classe

B

	Nível de serviço	Artigos							
		20536		20635		20644		20654	
Instalações	-	s (rolos)	S (rolos)	s (rolos)	S (rolos)	s (rolos)	S (rolos)	s (rolos)	S (rolos)
Delegação Imperlis	95%	-	-	-	-	142	153	165	175
Delegação Sul	95%	-	-	82	90	-	-	123	137
	98%	-	-	-	-	130	148	-	-
Delegação Centro	95%	124	143	47	50	-	-	110	117

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

Uma vez que as simulações dos modelos são teóricas é necessário verificar como é o comportamento na realidade. Ou seja, verificar se o comportamento do parâmetro se adapta bem ao comportamento da procura porque, como se viu em alguns artigos, o comportamento não era o mesmo no ano 2016, sendo por isso, necessário atualizar os parâmetros e os respetivos modelos anualmente.

Depois de conhecidos e implementados os modelos de gestão de *stocks* nas delegações e na sede para os artigos selecionados, é necessário verificar o comportamento dos restantes artigos da classe B e C nas respetivas delegações e na sede. Também deve ser analisado o comportamento das restantes famílias de artigos, nomeadamente, emulsões e mercadorias.

Ao longo do estágio da empresa foram verificados alguns aspetos que podem ser alterados de modo a haver uma melhoria das atividades na gestão da cadeia de abastecimentos, tais como, o planeamento de produção e a disposição dos artigos em armazém.

Bibliografia

- Axsater, S. (2010). *Inventory Control* (3^a ed., Vol. 157). New York: Springer International Publishing.
- Babiloni, E., Cadós, M., Albarracín, J., & Palmer, M. (2010). Demand categorisation, forecasting, and inventory control for intermittent demand items. *South African Journal of Industrial Engineering*, 21, 115–130.
- Carvalho, J., Guedes, A., Arantes, A., Martins, A., Póvoa, A., Luís, C., ... Azevedo, S. (2012). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimentos*. Portugal: Sílabo.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2001). *Supply Chain Management Strategy, Planning, and Operation*. Igarss 2014 (3^a Ed.). New Jersey: Person Prentice Hall.
- Croston, J. D. (1972). Forecasting and Stock Control for Intermittent Demands. *Journal of the Operational Research Society*, 23(3), 289–303.
- Ehrhardt, R. (1979). The power approximation for computing (s, S) inventory policies. *Management Science*, 25(8), 777–786.
- Ehrhardt, R., & Mosier, C. (1984). A Revision of the Power Approximation for Computing (s,S) Policies. *Management Science*, 30(5), 618–622.
- Imperialum. (2015). *Manual da Qualidade e Ambiente*. Montijo.
- Imperialum S.A. (2000). Retrieved October 20, 2016, from <http://www.imperialum.com/>
- INAG. (1997). Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. Retrieved October 10, 2016, from <http://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=1&idItem=1.1>
- Kocer, U. U., & Tamer, S. (2011). Determining the Inventory Policy for Slow-Moving Items : A Case Study. *World Congress on Engineering*, 1, 1–5.
- Nenes, G., Panagiotidou, S., & Tagaras, G. (2010). Inventory management of multiple items with irregular demand: A case study. *European Journal of Operational Research*, 205(2), 313–324.
- Porras, E., & Dekker, R. (2008). An inventory control system for spare parts at a refinery: An empirical comparison of different re-order point methods. *European Journal of Operational Research*, 184(1), 101–132.
- Ramanathan, R. (2006). ABC inventory classification with multiple-criteria using weighted linear optimization. *Computers and Operations Research*, 33(3), 695–700.
- Rego, J. R., & Mesquita, M. A. (2015). Demand forecasting and inventory control: A simulation study on automotive spare parts. *International Journal of Production Economics*, 161, 1–16.

- Santos, J. (2011). *Modelo de Gestão de Stocks para um armazém de peças de reserva na Galp Energia*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Silver, E., Pyke, R., & Peterson, R. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling* (3ª Ed.). USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Strijbosch, G., Heuts, J., & Van Der Schoot, M. (2000). Combined forecast - inventory control procedure for spare parts. *Journal of the Operational Research Society*, 51(10), 1184–1192.
- Syntetos, A., & Boylan, E. (2005). The accuracy of intermittent demand estimates. *International Journal of Production Economics*, 128(2), 546–555.
- Syntetos, A., Boylan, J., & Croston, J. (2005). On the categorization of demand patterns. *Journal of the Operational Research Society*, 56(5), 495–503.
- Wagner, H. M. (1975). *Principles of Management Science (With Application to Executive Decisions)*. Prentice-Hall.
- Willemain, T. R., Smart, C. N., & Schwarz, H. F. (2004). A new approach to forecasting intermittent demand for service parts inventories. *International Journal of Forecasting*, 20(3), 375–387.
- Zied Babai, M., Syntetos, A. A., & Teunter, R. (2010). On the empirical performance of (T, s, S) heuristics. *European Journal of Operational Research*, 202(2), 466–472.
- Zipkin, P. H. (2000). *Foundations of Inventory Management*. Boston: McGraw-Hill.

Anexos

Anexo A. Fase I artigos classe A

Tabela A.1 - ADI e CV² dos artigos das delegações e sede

Artigo	Delegação Norte		Delegação Imperlis		Delegação Sul		Delegação Centro		Sede	
	ADI	CV ²	ADI	CV ²	ADI	CV ²	ADI	CV ²	ADI	CV ²
20114	1,31	1	1,16	0,7	1,32	0,8	4,14	1,3	1,12	0,6
20136	1,31	0,7	1,32	1,2	1,32	0,9	6,7	0,9	1,19	0,8
20536	1,32	0,7	1,25	1,2	1,32	0,9	-	-	1,16	0,7
20635	1,31	1,3	1,32	1,7	-	-	-	-	1,29	1,2
20644	1,31	0,8	-	-	-	-	5,1	0,9	1,30	0,7
20654	1,32	0,8	-	-	-	-	-	-	1,32	0,7

Tabela A.2 - Previsão de Croston ao artigo 20114 da Delegação Norte

Média (μ) (rolos/dia)	36,06		53,18	1,56	40,45	4,39	1398,38	24,60
Desvio Padrão (σ) (rolos/dia)	48,95		41,27	0,87	34,83	37,17	3339,34	28,19
Data	D	q	\hat{z}_t	\hat{p}_t	\hat{y}_t	Erro	Erro ²	Erro
01/01/2014	0		2,00	1,00	2,00	2,00	4,00	2,00
02/01/2014	0	2	2,00	1,00	2,00	2,00	4,00	2,00
03/01/2014	0	3	2,00	1,00	2,00	2,00	4,00	2,00
06/01/2014	0	4	2,00	1,00	2,00	2,00	4,00	2,00
07/01/2014	30	5	23,88	4,13	5,79	-24,21	586,21	24,21
08/01/2014	10	1	13,03	1,68	7,74	-2,26	5,09	2,26
09/01/2014	33	1	28,64	1,15	24,92	-8,08	65,31	8,08
10/01/2014	0	1	28,64	1,15	24,92	24,92	620,93	24,92
13/01/2014	29	2	28,92	1,81	15,94	-13,06	170,51	13,06
14/01/2014	0	1	28,92	1,81	15,94	15,94	254,15	15,94
...
22/12/2015	0	1	94,13	1,90	49,67	49,67	2466,65	49,67
23/12/2015	0	2	94,13	1,90	49,67	49,67	2466,65	49,67
24/12/2015	0	3	94,13	1,90	49,67	49,67	2466,65	49,67
25/12/2015	0	4	94,13	1,90	49,67	49,67	2466,65	49,67
28/12/2015	0	5	94,13	1,90	49,67	49,67	2466,65	49,67
29/12/2015	20	6	36,20	5,10	7,09	-12,91	166,59	12,91
30/12/2015	10	1	15,72	1,90	8,29	-1,71	2,92	1,71
31/12/2015	0	1	15,72	1,90	8,29	8,29	68,74	8,29

Tabela A.3 - Modelo de Syntetos & Boylan ao artigo 20114 da Delegação Norte

Média (μ) (rolos/dia)	36,06		53,18	1,56	24,63	-11,44	1616,58	27,49
Desvio Padrão (σ) (rolos/dia)	48,95		41,33	0,87	21,23	38,58	3796,40	29,37
Data	D	q	\hat{z}_t	\hat{p}_t	\hat{y}_t	Erro	Erro²	 Erro
01/01/2014	0		2,00	1,00	1,22	1,22	1,48	1,22
02/01/2014	0	2	2,00	1,00	1,22	1,22	1,48	1,22
03/01/2014	0	3	2,00	1,00	1,22	1,22	1,48	1,22
06/01/2014	0	4	2,00	1,00	1,22	1,22	1,48	1,22
07/01/2014	30	5	23,93	4,13	3,52	-26,48	701,04	26,48
08/01/2014	10	1	13,02	1,51	5,25	-4,75	22,58	4,75
09/01/2014	33	1	28,67	1,11	15,71	-17,29	299,07	17,29
10/01/2014	0	1	28,67	1,11	15,71	15,71	246,69	15,71
13/01/2014	29	2	28,93	1,81	9,74	-19,26	370,95	19,26
14/01/2014	0	1	28,93	1,81	9,74	9,74	94,87	9,74
15/01/2014	0	2	28,93	1,81	9,74	9,74	94,87	9,74
16/01/2014	0	3	28,93	1,81	9,74	9,74	94,87	9,74
17/01/2014	25	4	25,85	3,52	4,46	-20,54	421,77	20,54
20/01/2014	2	1	7,17	1,55	2,82	0,82	0,67	0,82
21/01/2014	2	1	3,12	1,12	1,70	-0,30	0,09	0,30
22/01/2014	0	1	3,12	1,12	1,70	1,70	2,88	1,70
...
28/12/2015	0	5	94,05	1,90	30,19	30,19	911,47	30,19
29/12/2015	20	6	36,06	5,11	4,29	-15,71	246,68	15,71
30/12/2015	10	1	15,65	1,89	5,04	-4,96	24,65	4,96
31/12/2015	0	1	15,65	1,89	5,04	5,04	25,35	5,04

Anexo B. Fase II artigos classe A

Tabela B.1 - Parâmetros dos artigos da classe do modelo Zipkin

Parâmetros	Nível de serviço	Artigo											
		20114		20136		20536		20635		20644		20654	
		s	Q	s	Q	s	Q	s	Q	s	Q	s	Q
Delegação Norte	95%	212	150	117	125	109	125	92	125	110	125	112	125
	96%	228	150	128	125	119	125	102	125	121	125	123	125
	97%	247	150	141	125	132	125	116	125	134	125	136	125
	98%	274	150	159	125	150	125	134	125	152	125	155	125
	99%	320	150	192	125	180	125	168	125	184	125	187	125
Delegação Imperlis	95%	56	50	53	75	59	75	32	50	-	-	-	-
	96%	61	50	58	75	65	75	36	50	-	-	-	-
	97%	67	50	66	75	73	75	41	50	-	-	-	-
	98%	74	50	75	75	84	75	48	50	-	-	-	-
	99%	89	50	94	75	104	75	62	50	-	-	-	-
Delegação Sul	95%	90	100	83	100	68	75	-	-	-	-	-	-
	96%	98	100	92	100	75	75	-	-	-	-	-	-
	97%	109	100	102	100	84	75	-	-	-	-	-	-
	98%	124	100	116	100	96	75	-	-	-	-	-	-
	99%	150	100	142	100	117	75	-	-	-	-	-	-
Delegação Centro	95%	38	50	44	50	-	-	-	-	41	50	-	-
	96%	42	50	49	50	-	-	-	-	45	50	-	-
	97%	47	50	54	50	-	-	-	-	50	50	-	-
	98%	53	50	62	50	-	-	-	-	57	50	-	-
	99%	66	50	75	50	-	-	-	-	70	50	-	-
Sede	95%	334	250	346	275	332	250	167	175	240	200	227	175
	96%	361	250	377	275	360	250	184	175	260	200	246	175
	97%	395	250	417	275	396	250	207	175	287	200	271	175
	98%	443	250	472	275	446	250	240	175	324	200	305	175
	99%	525	250	525	275	532	250	296	175	387	200	364	175

Tabela B.2 - Parâmetros dos artigos da classe do modelo Silver, Pyke & Peterson

Parâmetros	Nível de serviço	Artigo											
		20114		20136		20536		20635		20644		20654	
		s	Q	s	Q	s	Q	s	Q	s	Q	s	Q
Delegação Norte	95%	130	475	125	475	106	550	99	350	109	525	110	525
	96%	146	475	139	475	120	550	112	350	109	525	110	525
	97%	167	475	156	475	137	550	128	350	140	525	142	525
	98%	194	475	180	475	160	550	152	350	164	525	166	525
	99%	241	475	220	475	198	550	190	350	202	525	206	525
Delegação Imperlis	95%	68	175	65	150	72	175	46	75	-	-	-	-
	96%	74	175	72	150	79	175	51	75	-	-	-	-
	97%	81	175	81	150	89	175	57	75	-	-	-	-
	98%	92	175	93	150	103	175	66	75	-	-	-	-
	99%	109	175	114	150	125	175	81	75	-	-	-	-
Delegação Sul	95%	88	425	86	350	64	350	-	-	-	-	-	-
	96%	99	425	97	350	73	350	-	-	-	-	-	-
	97%	113	425	110	350	85	350	-	-	-	-	-	-
	98%	133	425	128	350	100	350	-	-	-	-	-	-
	99%	164	425	159	350	126	350	-	-	-	-	-	-
Delegação Centro	95%	52	100	72	75	-	-	-	-	63	75	-	-
	96%	57	100	78	75	-	-	-	-	67	75	-	-
	97%	63	100	84	75	-	-	-	-	74	75	-	-
	98%	72	100	93	75	-	-	-	-	82	75	-	-
	99%	86	100	109	75	-	-	-	-	97	75	-	-
Sede	95%	647	175	710	175	623	225	461	125	460	150	443	125
	96%	678	175	745	175	655	225	485	125	484	150	465	125
	97%	718	175	791	175	697	225	514	125	515	150	494	125
	98%	773	175	855	175	755	225	556	125	557	150	534	125
	99%	866	175	962	175	853	225	626	125	629	150	601	125

**Tabela B.3 - Custos totais dos modelos de gestão stock com níveis de serviço entre 95% e 99%
dos artigo 20136, 20536 e 20635 da Delegação Norte**

Artigo	Nível Serviço	Modelo	Q (rolos)	s (rolos)	Rotura	Custo Rotura (€)	Custo Posse (€)	Custo Encomenda (€)	Custo Total (€)
20136	95	Zipkin	125	117	3%	5311,39	1125,51	3262,02	9698,92
		Silver, Pyke & Peterson	475	125	4%	5725,69	1182,86	1694,56	8603,11
	96	Zipkin	125	128	3%	5344,53	1151,46	3219,66	9715,66
		Silver, Pyke & Peterson	475	139	3%	4466,21	1277,64	1694,56	7438,40
	97	Zipkin	125	141	3%	4010,47	1199,42	3219,66	8429,55
		Silver, Pyke & Peterson	475	156	3%	4068,47	1338,36	1694,56	7101,39
	98	Zipkin	125	159	2%	3389,01	1272,71	3262,02	7923,74
		Silver, Pyke & Peterson	475	180	2%	3239,86	1401,08	1694,56	6335,50
	99	Zipkin	125	192	1%	2336,68	1379,60	3262,02	6978,31
		Silver, Pyke & Peterson	475	220	1%	1731,79	1504,04	1694,56	4930,39
20536	95	Zipkin	125	109	3%	3189,19	767,22	3213,12	7169,53
		Silver, Pyke & Peterson	550	106	4%	4241,29	846,22	1476,30	6563,81
	96	Zipkin	125	119	3%	3517,97	810,35	3169,70	7498,02
		Silver, Pyke & Peterson	550	120	3%	3309,74	881,12	1432,88	5623,74
	97	Zipkin	125	132	3%	2542,58	841,67	3213,12	6597,38
		Silver, Pyke & Peterson	550	137	2%	2378,19	923,66	1432,88	4734,73
	98	Zipkin	125	150	2%	1912,42	883,18	3169,70	5965,30
		Silver, Pyke & Peterson	550	160	1%	1271,29	991,32	1476,30	3738,91
	99	Zipkin	125	180	0%	5,48	976,04	3169,70	4151,22
		Silver, Pyke & Peterson	550	198	1%	805,52	1074,84	1476,30	3356,65
20635	95	Zipkin	125	92	5%	4753,74	1550,27	2247,97	8551,98
		Silver, Pyke & Peterson	350	99	3%	3095,99	1222,69	1586,80	5905,48
	96	Zipkin	125	102	1%	1233,85	1602,96	2247,97	5084,78
		Silver, Pyke & Peterson	350	112	4%	3769,69	1302,90	1586,80	6659,39
	97	Zipkin	125	116	2%	2392,01	1693,25	2247,97	6333,22
		Silver, Pyke & Peterson	350	128	1%	1211,14	1406,28	1586,80	4204,23
	98	Zipkin	125	134	2%	2392,01	1733,59	2247,97	6373,56
		Silver, Pyke & Peterson	350	152	1%	1211,14	1480,41	1586,80	4278,35
	99	Zipkin	125	168	1%	1014,33	1886,73	2247,97	5149,03
		Silver, Pyke & Peterson	350	190	0%	242,23	1651,73	1586,80	3480,76

Tabela B.4 - Modelos que apresentam o menor custo dos artigos da classe A

	Delegação								Sede	
	Norte		Imperlis		Sul		Centro			
Artigo	Nível Serviço (%)	Modelo	Nível Serviço (%)	Modelo	Nível Serviço (%)	Modelo	Nível Serviço (%)	Modelo	Nível Serviço (%)	Modelo
20114	99	Silver et al.	99	Silver <i>et al.</i>	99	Silver <i>et al.</i>	95	Zipkin	99	Silver <i>et al.</i>
20136	99	Silver et al.	99	Silver <i>et al.</i>	99	Silver <i>et al.</i>	99	Silver <i>et al.</i>	99	Silver <i>et al.</i>
20536	99	Silver et al.	99	Silver <i>et al.</i>	99	Silver <i>et al.</i>	-	-	99	Silver <i>et al.</i>
20635	99	Silver et al.	99	Silver <i>et al.</i>	-	-	-	-	99	Silver <i>et al.</i>
20644	99	Silver et al.	-	-	-	-	95	Silver <i>et al.</i>	99	Silver <i>et al.</i>
20654	99	Silver et al.	-	-					99	Silver <i>et al.</i>

Anexo C. Fase III artigos classe A

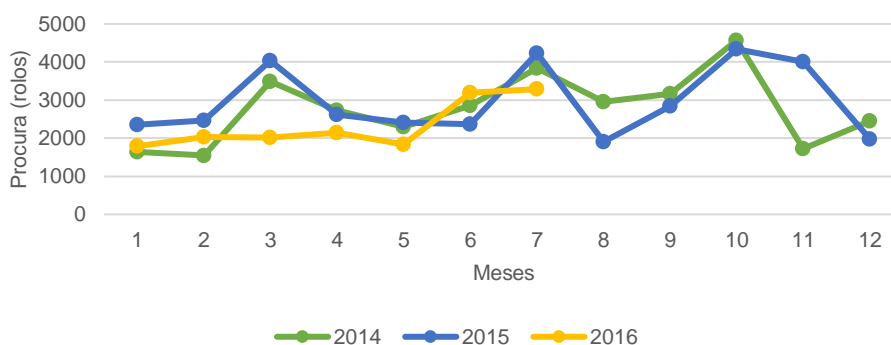


Figura C.1 - Procura do artigo 20136 da sede nos anos 2014, 2015 e 2016

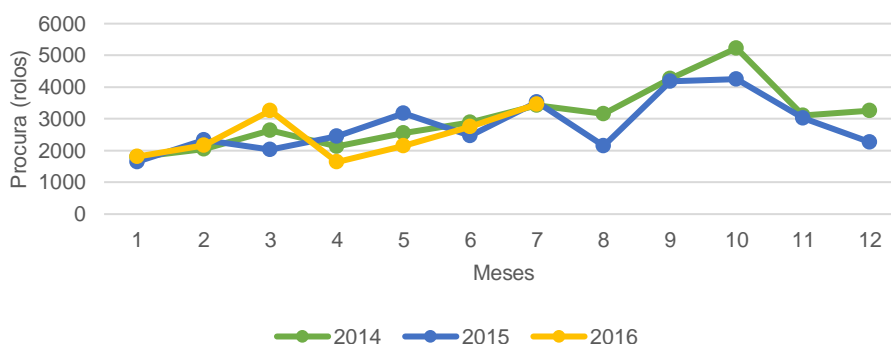


Figura C.2 - Procura do artigo 20536 da sede nos anos 2014, 2015 e 2016

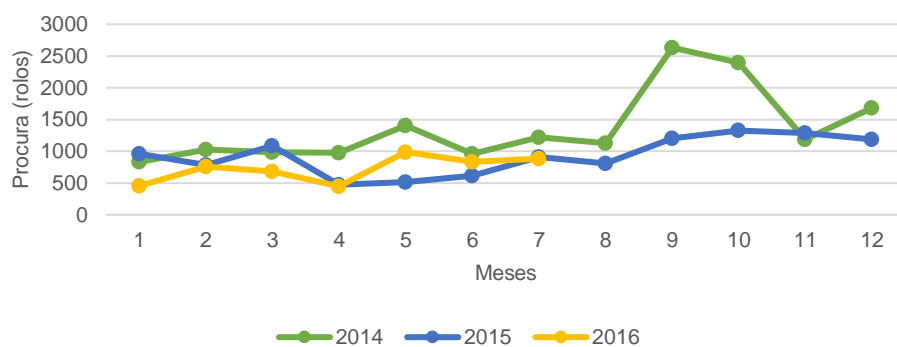


Figura C.3 - Procura do artigo 20635 da sede nos anos 2014, 2015 e 2016

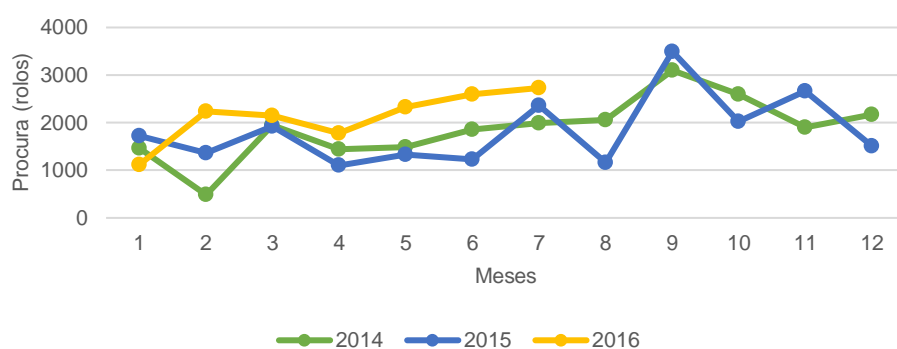


Figura C.4 - Procura do artigo 20644 da sede dos anos 2014, 2015 e 2016

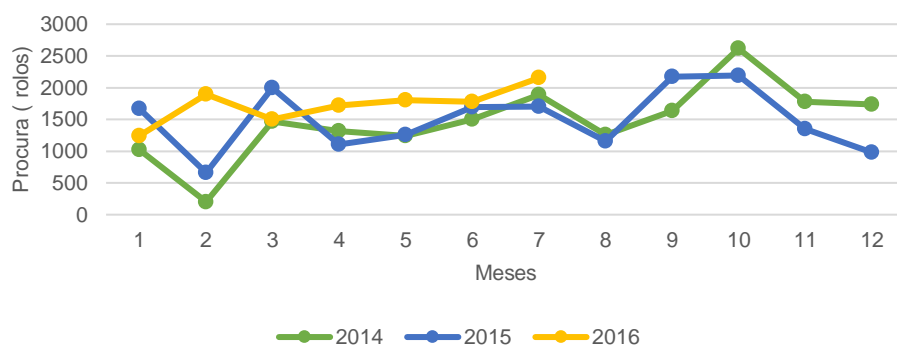


Figura C.5 - Procura do artigo 20654 da sede nos anos 2014, 2015 e 2016

Anexo D. Fase I artigos classe B

Tabela D.1 - ADI e CV² dos artigos da classe B

	Delegação Imperlis		Delegação Sul		Delegação Centro	
Artigo	ADI	CV ²	ADI	CV ²	ADI	CV ²
20536					7,13	1,9
20635			3,18	2,14	6,25	1,97
20644	1,7	1,16	2,55	1,17		
20654	3,63	1,4	6,63	1,05	7,95	1,16

Tabela D.2 - Modelo de Croston do artigo 20644 da Delegação Imperlis

Média (μ) (rolos/dia)	9,42		14,79	1,92	10,73	1,31	113,31	6,54
Desvio Padrão (σ) (rolos/dia)	15,49		13,72	1,51	12,56	10,57	380,68	8,41
Data	D	q	\hat{z}_t	\hat{p}_t	\hat{y}_t	Erro	Erro ²	Erro
01/01/2014	0		2,00	1,00	2,00	2,00	4,00	2,00
02/01/2014	0	2	2,00	1,00	2,00	2,00	4,00	2,00
03/01/2014	0	3	2,00	1,00	2,00	2,00	4,00	2,00
06/01/2014	0	4	2,00	1,00	2,00	2,00	4,00	2,00
07/01/2014	0	5	2,00	1,00	2,00	2,00	4,00	2,00
08/01/2014	0	6	2,00	1,00	2,00	2,00	4,00	2,00
09/01/2014	0	7	2,00	1,00	2,00	2,00	4,00	2,00
10/01/2014	0	8	2,00	1,00	2,00	2,00	4,00	2,00
13/01/2014	0	9	2,00	1,00	2,00	2,00	4,00	2,00
14/01/2014	4	10	3,69	8,59	0,43	-3,57	12,75	3,57
15/01/2014	0	1	3,69	8,59	0,43	0,43	0,18	0,43
16/01/2014	0	2	3,69	8,59	0,43	0,43	0,18	0,43
17/01/2014	0	3	3,69	8,59	0,43	0,43	0,18	0,43
20/01/2014	0	4	3,69	8,59	0,43	0,43	0,18	0,43
21/01/2014	20	5	17,44	5,56	3,14	-16,86	284,42	16,86
...
15/12/2015	14	1	12,56	1,01	12,48	-1,52	2,31	1,52
16/12/2015	30	1	27,26	1,00	27,24	-2,76	7,64	2,76
17/12/2015	15	1	16,92	1,00	16,92	1,92	3,69	1,92
18/12/2015	26	1	24,58	1,00	24,58	-1,42	2,03	1,42
21/12/2015	2	1	5,54	1,00	5,54	3,54	12,54	3,54
22/12/2015	1	1	1,71	1,00	1,71	0,71	0,51	0,71
23/12/2015	0	1	1,71	1,00	1,71	1,71	2,93	1,71
24/12/2015	0	2	1,71	1,00	1,71	1,71	2,93	1,71
25/12/2015	0	3	1,71	1,00	1,71	1,71	2,93	1,71
28/12/2015	0	4	1,71	1,00	1,71	1,71	2,93	1,71
29/12/2015	10	5	8,70	4,37	1,99	-8,01	64,17	8,01
30/12/2015	10	1	9,80	1,53	6,41	-3,59	12,91	3,59
31/12/2015	0	1	9,80	1,53	6,41	6,41	41,05	6,41

Tabela D.3 - Modelo de Syntetos & Boylan do artigo 20644 da Delegação Imperlis

Média (μ) (rolos/dia)	9,42		14,79	1,93	6,20	-3,22	137,39	7,40
Desvio Padrão (σ)(rolos/dia)	15,49		13,75	1,51	7,27	11,28	354,69	9,10
Data	D	q	\hat{z}_t	\hat{p}_t	\hat{y}_t	Erro	Erro²	 Erro
01/01/2014	0		2,00	1,00	1,15	1,15	1,33	1,15
02/01/2014	0	2	2,00	1,00	1,15	1,15	1,33	1,15
03/01/2014	0	3	2,00	1,00	1,15	1,15	1,33	1,15
06/01/2014	0	4	2,00	1,00	1,15	1,15	1,33	1,15
07/01/2014	0	5	2,00	1,00	1,15	1,15	1,33	1,15
08/01/2014	0	6	2,00	1,00	1,15	1,15	1,33	1,15
09/01/2014	0	7	2,00	1,00	1,15	1,15	1,33	1,15
10/01/2014	0	8	2,00	1,00	1,15	1,15	1,33	1,15
13/01/2014	0	9	2,00	1,00	1,15	1,15	1,33	1,15
14/01/2014	4	10	3,69	8,61	0,25	-3,75	14,08	3,75
15/01/2014	0	1	3,69	8,61	0,25	0,25	0,06	0,25
16/01/2014	0	2	3,69	8,61	0,25	0,25	0,06	0,25
17/01/2014	0	3	3,69	8,61	0,25	0,25	0,06	0,25
20/01/2014	0	4	3,69	8,61	0,25	0,25	0,06	0,25
21/01/2014	20	5	17,48	5,56	1,82	-18,18	330,67	18,18
22/01/2014	5	1	6,93	1,70	2,35	-2,65	7,04	2,65
23/01/2014	0	1	6,93	1,70	2,35	2,35	5,51	2,35
24/01/2014	0	2	6,93	1,70	2,35	2,35	5,51	2,35
27/01/2014	0	3	6,93	1,70	2,35	2,35	5,51	2,35
28/01/2014	25	4	22,21	3,65	3,52	-21,48	461,53	21,48
29/01/2014	0	1	22,21	3,65	3,52	3,52	12,37	3,52
...
24/12/2015	0	2	1,69	1,00	0,98	0,98	0,96	0,98
25/12/2015	0	3	1,69	1,00	0,98	0,98	0,96	0,98
28/12/2015	0	4	1,69	1,00	0,98	0,98	0,96	0,98
29/12/2015	10	5	8,72	4,38	1,15	-8,85	78,35	8,85
30/12/2015	10	1	9,80	1,52	3,72	-6,28	39,49	6,28
31/12/2015	0	1	9,80	1,52	3,72	3,72	13,81	3,72

Anexo E. Fase II artigos da classe B

Tabela E.1 - Parâmetros da heurística Power Approximation dos artigos da classe B

Artigos	Parâmetros	Delegação Imperlis					Delegação Sul					Delegação Centro				
		95%	96%	97%	98%	99%	95%	96%	97%	98%	99%	95%	96%	97%	98%	99%
20536	s (rolos)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	124	124	124	124	124
	S (rolos)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	143	143	143	143	143
20635	s (rolos)	-	-	-	-	-	82	82	82	82	82	47	47	47	47	47
	S (rolos)	-	-	-	-	-	90	90	90	90	90	50	50	50	50	50
20644	s (rolos)	142	142	142	142	142	130	130	130	130	130	-	-	-	-	-
	S (rolos)	153	153	153	153	153	148	148	148	148	148	-	-	-	-	-
20654	s (rolos)	165	165	165	165	165	123	123	123	123	123	110	110	110	110	110
	S (rolos)	175	175	175	175	175	137	137	137	137	137	117	117	117	117	117

Tabela E.2 - Parâmetros da heurística Normal dos artigos da classe B

Artigos	Parâmetros	Delegação Imperlis					Delegação Sul					Delegação Centro				
		95%	96%	97%	98%	99%	95%	96%	97%	98%	99%	95%	96%	97%	98%	99%
20536	s (rolos)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	137	137	137	137	137
	S (rolos)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	152	152	152	152	152
20635	s (rolos)	-	-	-	-	-	89	89	89	89	89	49	49	49	49	49
	S (rolos)	-	-	-	-	-	96	96	96	96	96	52	52	52	52	52
20644	s (rolos)	146	146	146	146	146	139	139	139	139	139	-	-	-	-	-
	S (rolos)	155	155	155	155	155	154	154	154	154	154	-	-	-	-	-
20654	s (rolos)	175	175	175	175	175	130	130	130	130	130	114	114	114	114	114
	S (rolos)	184	184	184	184	184	142	142	142	142	142	122	122	122	122	122

Tabela E.3 - Custos totais da delegação Sul dos artigos 20635 e 20644

Artigo	Nível serviço	Modelo	s (rolos)	S (rolos)	%Rotura	Custo Rotura	Custo Posse	Custo Encomenda	Custo Total
20635	95%	Power	82	90	1%	73,39 €	627,72 €	543,72 €	1 244,83 €
		Normal	89	96	1%	73,39 €	667,95 €	529,41 €	1 270,75 €
	96%	Power	82	90	1%	73,39 €	627,72 €	543,72 €	1 244,83 €
		Normal	89	96	1%	73,39 €	667,95 €	529,41 €	1 270,75 €
	97%	Power	82	90	1%	73,39 €	627,72 €	543,72 €	1 244,83 €
		Normal	89	96	1%	73,39 €	667,95 €	529,41 €	1 270,75 €
	98%	Power	82	90	1%	73,39 €	627,72 €	543,72 €	1 244,83 €
		Normal	89	96	1%	73,39 €	667,95 €	529,41 €	1 270,75 €
	99%	Power	82	90	1%	73,39 €	627,72 €	543,72 €	1 244,83 €
		Normal	89	96	1%	73,39 €	667,95 €	529,41 €	1 270,75 €
20644	95%	Power	130	148	0%	6,50 €	578,23 €	1 741,13 €	2 325,86 €
		Normal	139	154	1%	175,50 €	599,32 €	1 924,41 €	2 699,22 €
	96%	Power	130	148	0%	6,50 €	578,23 €	1 741,13 €	2 325,86 €
		Normal	139	154	1%	175,50 €	599,32 €	1 924,41 €	2 699,22 €
	97%	Power	130	148	0%	6,50 €	578,23 €	1 741,13 €	2 325,86 €
		Normal	139	154	1%	175,50 €	599,32 €	1 924,41 €	2 699,22 €
	98%	Power	130	148	0%	6,50 €	578,23 €	1 741,13 €	2 325,86 €
		Normal	139	154	1%	175,50 €	599,32 €	1 924,41 €	2 699,22 €
	99%	Power	130	148	0%	6,50 €	578,23 €	1 741,13 €	2 325,86 €
		Normal	139	154	1%	175,50 €	599,32 €	1 924,41 €	2 699,22 €

Tabela E.4 - Modelos com menor custo total para os artigos da classe B

Artigo	Delegação Imperlis		Delegação Sul		Delegação Centro	
	Nível de serviço (%)	Modelo	Nível de serviço (%)	Modelo	Nível de serviço (%)	Modelo
20536	-	-	-	-	95	Power
20635	-	-	95	Power	95	Power
20644	95	Power	98	Power	-	-
20654	95	Power	95	Power	95	Power

Anexo F. Fase III artigos da classe B

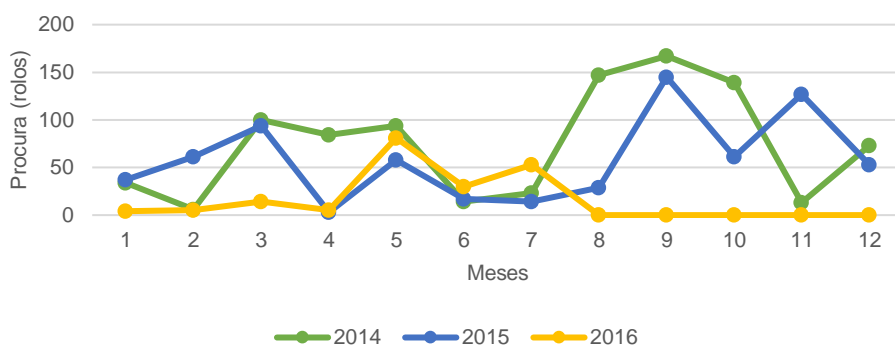


Figura F.1 - Procura do artigo 20635 da Delegação Sul

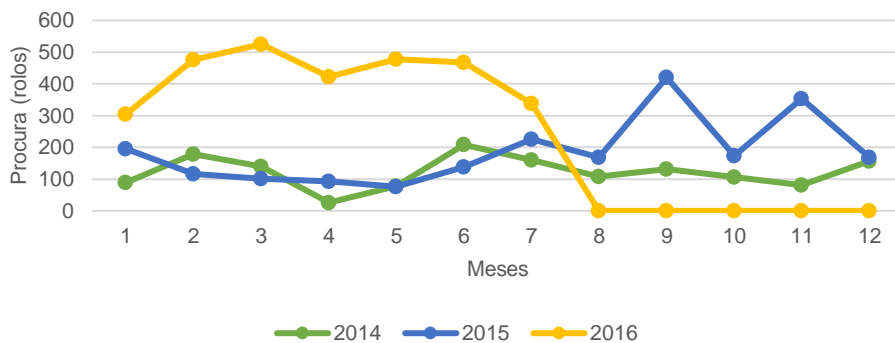


Figura F.2 - Procura do artigo 20644 da Delegação Sul

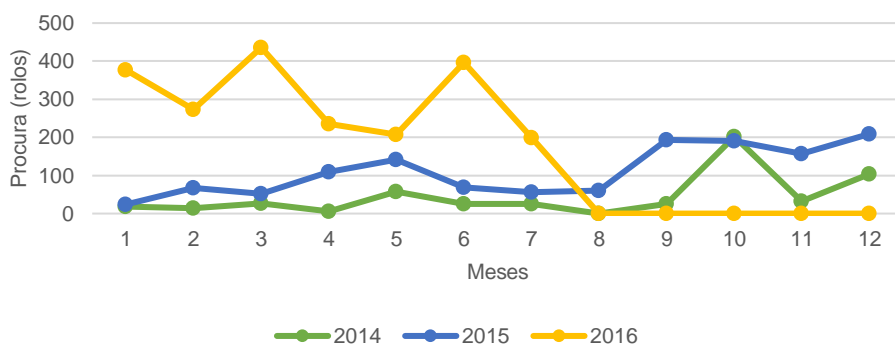


Figura F.3 - Procura do artigo 20654 da Delegação Sul